

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

11.01.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 1 月 1 9 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 1 0 6 6 1
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 4 - 0 1 0 6 6 1]

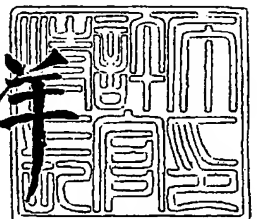
出 願 人 株式会社村田製作所
Applicant(s):

BEST AVAILABLE COPY

2 0 0 5 年 2 月 1 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 DP040008
【提出日】 平成16年 1月19日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H03H 9/14
【発明者】
 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内
 【氏名】 神藤 始
【特許出願人】
 【識別番号】 000006231
 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号
 【氏名又は名称】 株式会社村田製作所
【代理人】
 【識別番号】 100086597
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 宮▼崎▲ 主税
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 004776
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9004892

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

第 1 の媒質層と第 2 の媒質層との境界を伝搬する弾性境界波を利用した弾性境界波装置であって、

第 1 の媒質層と、

前記第 1 の媒質層に積層された第 2 の媒質層と、

前記第 1、第 2 の媒質層の境界に設けられた電極とを備え、

前記第 1 及び／または第 2 の媒質層の境界面とは反対側の面に弾性境界波を減衰させる吸音層をさらに備えることを特徴とする、弾性境界波装置。

【請求項 2】

前記吸音層における横波の音速が、前記吸音層が積層されている第 1 及び／または第 2 の媒質層の横波の音速よりも低速である、請求項 1 に記載の弾性境界波装置。

【請求項 3】

前記吸音層における縦波の音速が、前記吸音層が積層されている第 1 及び／または第 2 の媒質層における縦波の音速よりも低速である、請求項 1 に記載の弾性境界波装置。

【請求項 4】

前記吸音層の横波の音速が、前記吸音層が積層されている第 1 及び／または第 2 の媒質層における横波の音速の 0.13 倍以上、1.23 倍以下の範囲にある、請求項 1 に記載の弾性境界波装置。

【請求項 5】

前記吸音層における音響インピーダンスが、前記吸音層が積層されている第 1 及び／または第 2 の媒質層の音響インピーダンスの 0.20 倍～5.30 倍の範囲にある、請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 6】

前記吸音層が、前記第 1 及び／または第 2 の媒質層と同種の材料を用いて構成されている、請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 7】

前記吸音層の外側に、該吸音層よりも弾性境界波の減衰定数が小さい低減衰定数層が設けられている、請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 8】

前記吸音層が、樹脂、ガラス、セラミックス及び金属からなる群から選択された少なくとも 1 種により構成されている、請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 9】

前記吸音層が、フィラーが含有されている樹脂により構成されている、請求項 1～7 のいずれか 1 項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 10】

前記吸音層が、前記第 1 及び／または第 2 の媒質層の表面において、前記境界における弾性境界波伝搬路に対向する部分に設けられている、請求項 1～9 のいずれか 1 項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 11】

前記吸音層の少なくとも片面に、導体層が積層されている、請求項 1～10 のいずれか 1 項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 12】

前記境界に設けられた前記電極に電氣的に接続されており、かつ前記第 1 及び／または第 2 の媒質層を貫通するように設けられたスルーホール電極と、該スルーホール電極に接続されており、かつ弾性境界波装置の外表面に設けられた外部電極とをさらに備える、請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 13】

前記スルーホール電極内に、弾性体が充填されている、請求項 12 に記載の弾性境界波装置。

【請求項 14】

第1の媒質層に設けられたスルーホール電極と、第2の媒質層に設けられたスルーホール電極とを有し、該第1の媒質層に設けられたスルーホール電極と、第2の媒質層に設けられたスルーホール電極とが連続しないように形成されている、請求項12または13に記載の弾性境界波装置。

【請求項 15】

前記境界に設けられた電極に電氣的に接続されており、かつ弾性境界波装置の外表面に設けられた配線電極をさらに備える、請求項1～14のいずれか1項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 16】

前記弾性境界波装置が前記境界と交叉する側面に段差部を有し、前記境界に設けられた電極に接続されており、かつ該段差部に引き出されている接続電極とをさらに備え、前記配線電極が該段差部に至るように形成されており、段差部において前記接続電極と接続されている、請求項15に記載の弾性境界波装置。

【請求項 17】

第1の媒質層と第2の媒質層との間、第1の媒質層の外側表面及び第2の媒質層の外側表面の少なくとも1つに、前記境界面と平行な方向の線膨張係数が第1、第2の媒質層よりも低い第3の材料層が設けられている、請求項1～16のいずれか1項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 18】

第1の媒質層と第2の媒質層との間、第1の媒質層の外側表面及び第2の媒質層の外側表面の少なくとも1つに、前記境界面と平行な方向の線膨張係数の符号が第1、第2の媒質層の線膨張係数の符号と異なる第3の材料層が設けられている、請求項1～16のいずれか1項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 19】

第1の媒質層と第2の媒質層との間、第1の媒質層の外側表面及び第2の媒質層の外側表面の少なくとも1つに、前記第1、第2の媒質層よりも熱伝導率が高い第4の材料層が設けられている、請求項1～16のいずれか1項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 20】

前記境界または第1、第2の媒質層の外側表面にインピーダンス整合回路が構成されている、請求項1～19のいずれか1項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 21】

第2の媒質層の厚みが 0.5λ 以上であり、吸音層の厚みが 1.0λ 以上である、請求項1～20のいずれか1項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 22】

前記吸音層が積層構造を有する、請求項1～21のいずれか1項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 23】

吸音層が複数の吸音材料層を積層してなる積層構造を有し、第2の媒質層に近い側の吸音材料層の音響特性インピーダンスが、該吸音材料層よりも第2の媒質層から隔てられた吸音材料層の音響インピーダンスと、第2の媒質層の音響インピーダンスとの間の中間の値を有する、請求項22に記載の弾性境界波装置。

【請求項 24】

実装側の面にバンプを介して接合されており、かつ第1、第2の媒質層及び吸音層を有する構造部分よりも固い材料からなる実装用基板をさらに備え、該実装用基板を用いて実装されるように構成されている、請求項1～23のいずれか1項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 25】

実装側の面に設けられた応力緩衝体をさらに備える、請求項1～23のいずれか1項に記載の弾性境界波装置。

【請求項 26】

第1の媒質層上に電極を形成する工程と、

該電極を覆うように第2の媒質層を形成する工程と、

前記第1の媒質層及び／または第2の媒質層の前記境界面とは反対側の面に吸音層を形成する工程とを備える、弾性境界波装置の製造方法。

【請求項 27】

前記吸音層を形成する工程において、吸音層内のガスを脱気する工程を含む、請求項 26 に記載の弾性境界波装置の製造方法。

【請求項 28】

前記弾性境界波装置の製造方法が、複数の弾性境界波装置を連結してなるマザーの状態で行われ、前記吸音層を形成した後に、個々の弾性境界波装置単位に分割される、請求項 26 または 27 に記載の弾性境界波装置の製造方法。

【請求項 29】

前記吸音層を形成する工程までの工程がマザーの状態で行われ、個々の弾性境界波装置に分割された後に前記吸音層を形成する工程が行われる、請求項 26 または 27 に記載の弾性境界波装置の製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】弾性境界波装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、SHタイプの弾性境界波を利用した弾性境界波装置に関し、より詳細には、圧電体と、誘電体との境界に電極が配置された構造の弾性境界波装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、携帯電話用のRFフィルタ及びIFフィルタ、並びにVCO用共振子及びテレビジョン用VIFフィルタなどに、各種弾性表面波装置が用いられている。弾性表面波装置は、媒質表面を伝搬するレイリー波や第1漏洩波などの弾性表面波を利用している。

【0003】

弾性表面波は、媒質表面を伝搬するため、媒質の表面状態の変化に敏感である。従って、媒質の弾性表面波伝搬面を保護するために、該伝搬面に臨む空洞を設けたパッケージに弾性表面波素子が気密封止されていた。このような空洞を有するパッケージが用いられていたため、弾性表面波装置のコストは高くならざるを得なかった。また、パッケージの寸法は、弾性表面波素子の寸法よりも大幅に大きくなるため、弾性表面波装置は大きくならざるを得なかった。

【0004】

他方、弾性波の中には、上記弾性表面波以外に、固体間の境界を伝搬する弾性境界波が存在する。

【0005】

このような弾性境界波を利用した弾性境界波装置の一例が下記の非特許文献1に開示されている。従来の弾性境界波装置の構造を図32を参照して説明する。

【0006】

弾性境界波装置201は、第1の媒質層202と、第2の媒質層203との間の境界に電極204を配置した構造を有する。ここでは、電極204に交流電界を印加することにより、媒質層202と媒質層203との境界面や境界面付近にエネルギーが集中しつつ伝播する弾性境界波が励振される。非特許文献1では、 126° 回転Y板X伝搬のLiTaO₃基板上にIDTが形成されており、IDTとLiTaO₃基板上にSiO₂膜が所定の厚みに形成されている弾性境界波装置が開示されている。ここでは、ストンリー波と称されているSV+P型の弾性境界波が伝搬することが示されている。なお、非特許文献1では、上記SiO₂膜の膜厚を 1.0λ (λ は弾性境界波の波長)とした場合、電気機械結合係数は2%になることが示されている。

【0007】

弾性境界波は、固体間の境界部分にエネルギーが集中した状態で伝搬する。従って、上記LiTaO₃基板の底面及びSiO₂膜の表面にはエネルギーがほとんど存在しないため、基板や薄膜の表面状態の変化により特性が変化しない。従って、空洞形成パッケージを省略することができ、弾性波装置のサイズを低減することができる。

【0008】

また、下記の非特許文献2には、[001]-Si(110)/SiO₂/YカットX伝搬LiNbO₃構造を伝搬するSH型境界波が示されている。このSH型境界波は、上記ストンリー波と比べて、電気機械結合係数 k^2 が大きいという特徴を有する。また、SH型境界波においても、ストンリー波の場合と同様に、空洞形成パッケージを省略することができる。さらに、SH型境界波は、SH型の波動であるため、IDTや反射器を構成するストリップの反射係数がストンリー波の場合に比べて大きいことが予想される。従って、例えば共振子や共振器型フィルタを構成した場合、SH型境界波を利用することにより、小型化を図ることができ、かつより急峻な特性の得られることが期待される。

【非特許文献1】「Piezoelectric Acoustic Boundary Waves Propagating Along the Interface Between SiO₂ and LiTaO₃」IEEE Trans. Sonics and ultrason., VOL. SU

-25, No. 6, 1978 IEEE

【非特許文献 2】「Si/SiO₂/LiNbO₃構造を伝搬する高圧電性境界波」(第 26 回 EM シンポジウム, H9 年 5 月, pp 53-58)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

弾性境界波装置では、第 1, 第 2 の媒質層間の境界及び境界付近にエネルギーが集中して伝搬する弾性境界波が用いられている。この場合、第 1 の媒質層及び第 2 の媒質層の厚みは無限大であることが望ましい。しかしながら、実際の弾性境界波装置では、第 1, 第 2 の媒質層の厚みは有限である。

【0010】

そして、上述した非特許文献 1 や非特許文献 2 に記載の内容に従って弾性境界波装置を構成した場合、共振特性やフィルタ特性に所望でないスプリアスが生じるという問題があった。すなわち、弾性境界波共振子を構成した場合には、共振周波数よりも高周波側に無視できない複数のスプリアス応答が発生しがちであった。また、従来の弾性境界波共振子を複数個組み合わせる構成されたフィルタ、例えばラダー型フィルタなどでは、通過帯域よりも高周波側に複数のスプリアスが発生し、帯域外減衰量が劣化するという問題があった。

【0011】

これを、図 33～図 36 を参照して説明する。第 1 の媒質層としての 15° Y カット X 伝搬の LiNbO₃ 基板上に、0.05λ の膜厚となるように Au からなる電極を形成し、さらに、第 2 の媒質層として、厚さ 2λ の厚みとなるように SiO₂ 膜を RF マグネトロンスパッタによりウエハー加熱温度 200℃ で成膜した。このようにして、弾性境界波共振子を構成した。なお、形成した電極 204 は、図 33 に示すように、IDT 204A と、反射器 204B, 204C とを有する。このようにして構成された弾性境界波共振子のインピーダンス-周波数特性及び位相-周波数特性を図 34 に示す。図 34 に矢印 A1～A3 で示すように、反共振周波数よりも高域側に大きな複数のスプリアスが現れていた。

【0012】

また、上記と同様にして構成された複数の弾性境界波共振子を用いて図 35 に示すラダー型回路を構成し、このようにして得られたラダー型フィルタの周波数特性を測定した。結果を図 36 に示す。なお、図 35 の並列腕共振子 P1, P3 は、IDT の電極指の対数を 50.5 対及び開口長を 30λ として構成した。また、直列腕共振子 S1, S2 は、並列腕共振子 P1, P3 を構成するのに用いた弾性境界波共振子 2 個を直列接続することによりそれぞれ構成した。並列腕共振子 P2 は、IDT の電極指の対数を 100.5 対、開口長を 30λ として構成した。また、並列腕共振子 P1～P3 の IDT 及び反射器における λ は 3.0μm とし、直列腕共振子における λ は、並列腕共振子 P1 の反共振周波数と並列腕共振子の共振周波数が重なるように配置した。IDT 及び反射器のデューティ比をいずれも 0.58、電極は Au により構成し、その膜厚は 0.05λ、SiO₂ 膜の膜厚は 2.5λ とした。

【0013】

図 36 から明らかなように、矢印 B1～B3 など示す複数の大きなスプリアスが通過帯域よりも高域側に現れていることがわかる。

【0014】

本発明の目的は、上述した従来技術の現状に鑑み、共振周波数や通過帯域よりも高域側における複数のスプリアス応答を効果的に抑圧することが可能とされており、良好な周波数特性を有する弾性境界波装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明は、第 1 の媒質層と第 2 の媒質層との境界を伝搬する弾性境界波を利用した弾性

境界波装置であって、第1の媒質層と、前記第1の媒質層に積層された第2の媒質層と、前記第1、第2の媒質層の境界に設けられた電極とを備え、前記第1及び／または第2の媒質層の境界面とは反対側の面に弾性境界波を減衰させる吸音層をさらに備えることを特徴とする。

【0016】

本発明に係る弾性境界波装置のある特定の局面では、前記吸音層における横波の音速が、前記吸音層が積層されている第1及び／または第2の媒質層の横波の音速よりも低速である。

【0017】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の特定の局面では、前記吸音層における縦波の音速が、前記吸音層が積層されている第1及び／または第2の媒質層における縦波の音速よりも低速である。

【0018】

本発明に係る弾性境界波装置では、好ましくは、前記吸音層の横波の音速が、前記吸音層が積層されている第1及び／または第2の媒質層における横波の音速の0.13倍以上、1.23倍以下の範囲にある。

【0019】

本発明に係る弾性境界波装置では、より好ましくは、前記吸音層における音響インピーダンスが、前記吸音層が積層されている第1及び／または第2の媒質層の音響インピーダンスの0.20倍～5.30倍の範囲にある。

【0020】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の特定の局面では、前記吸音層が、前記第1及び／または第2の媒質層と同種の方法を用いて構成されている。

【0021】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに別の特定の局面では、前記吸音層の外側に、該吸音層よりも弾性境界波の減衰定数が小さい低減衰定数層が設けられている。

【0022】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに別の特定の局面では、前記吸音層が、樹脂、ガラス、セラミックス及び金属からなる群から選択された少なくとも1種により構成されている。

【0023】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに別の特定の局面では、前記吸音層が、フィラーが含有されている樹脂により構成されている。

【0024】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の特定の局面では、前記吸音層が、前記第1及び／または第2の媒質層の表面において、前記境界における弾性境界波伝搬路に対向する部分に設けられている。

【0025】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の特定の局面では、前記吸音層の少なくとも片面に、導体層が積層されている。

【0026】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに別の特定の局面では、前記境界に設けられた前記電極に電氣的に接続されており、かつ前記第1及び／または第2の媒質層を貫通するように設けられたスルーホール電極と、該スルーホール電極に接続されており、かつ弾性境界波装置の外表面に設けられた外部電極とがさらに備えられている。

【0027】

本発明に係る弾性境界波装置では、好ましくは、スルーホール電極内に弾性体が充填されている。

【0028】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに別の特定の局面では、第1の媒質層に設けられた

スルーホール電極と、第2の媒質層に設けられたスルーホール電極とを有し、該第1の媒質層に設けられたスルーホール電極と、第2の媒質層に設けられたスルーホール電極とが連続しないように形成されている。

【0029】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに別の特定の局面では、前記境界に設けられた電極に電氣的に接続されており、かつ弾性境界波装置の外表面に設けられた配線電極がさらに備えられている。

【0030】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の特定の局面では、前記弾性境界波装置が前記境界と交叉する側面に段差部を有し、前記境界に設けられた電極に接続されており、かつ該段差部に引き出されている接続電極とをさらに備え、前記配線電極が該段差部に至るよう形成されており、段差部において前記接続電極と接続されている。

【0031】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の特定の局面では、第1の媒質層と第2の媒質層との間、第1の媒質層の外側表面及び第2の媒質層の外側表面の少なくとも1つに、前記境界面と平行な方向の線膨張係数が第1、第2の媒質層よりも低い第3の材料層が設けられている。なお、媒質層の「外側表面」とは、境界面とは反対側の面をいうものとする。

【0032】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに別の特定の局面では、第1の媒質層と第2の媒質層との間、第1の媒質層の外側表面及び第2の媒質層の外側表面の少なくとも1つに、前記境界面と平行な方向の線膨張係数の符号が第1、第2の媒質層の線膨張係数の符号と異なる第3の材料層が設けられている。

【0033】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の特定の局面では、第1の媒質層と第2の媒質層との間、第1の媒質層の外側表面及び第2の媒質層の外側表面の少なくとも1つに、前記第1、第2の媒質層よりも熱伝導率が高い第4の材料層が設けられている。

【0034】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに別の特定の局面では、前記境界または第1、第2の媒質層の外側表面にインピーダンス整合回路が構成されている。

【0035】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の特定の局面では、第2の媒質層の厚みが 0.5λ 以上であり、吸音層の厚みが 1.0λ 以上である。

【0036】

本発明に係る弾性境界波装置では、好ましくは、吸音層が積層構造を有する。

【0037】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに別の特定の局面では、吸音層が複数の吸音材料層を積層してなる積層構造を有し、第2の媒質層に近い側の吸音材料層の音響特性インピーダンスが、該吸音材料層よりも第2の媒質層から隔てられた吸音材料層の音響インピーダンスと、第2の媒質層の音響インピーダンスとの間の中間の値を有する。

【0038】

本発明に係る弾性境界波装置の他の特定の局面では、実装側の面にバンプを介して接合されており、かつ第1、第2の媒質層及び吸音層を有する構造部分よりも固い材料からなる実装用基板をさらに備え、該実装用基板を用いて実装されるように構成されている。

【0039】

本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の特定の局面では、実装側の面に設けられた応力緩衝体がさらに備えられる。

【0040】

本発明に係る弾性境界波装置の製造方法は、第1の媒質層上に電極を形成する工程と、該電極を覆うように第2の媒質層を形成する工程と、前記第1の媒質層及び／または第2

の媒質層の前記境界面とは反対側の面に吸音層を形成する工程とを備える。

【0041】

本発明に係る弾性境界波装置の製造方法のある特定の局面では、前記吸音層を形成する工程において、吸音層内のガスを脱気する工程が含まれる。

【0042】

本発明に係る弾性境界波装置の製造方法のさらに別の特定の局面では、前記弾性境界波装置の製造方法が、複数の弾性境界波装置を連結してなるマザーの状態で行われ、前記吸音層を形成した後に、個々の弾性境界波装置単位に分割される。

【0043】

本発明に係る弾性境界波装置の製造方法のさらに他の特定の局面では、前記吸音層を形成する工程までの工程がマザーの状態で行われ、個々の弾性境界波装置に分割された後に前記吸音層を形成する工程が行われる。

【発明の効果】

【0044】

本発明に係る弾性境界波装置では、第1の媒質層の第2の媒質層の境界に電極が設けられており、さらに第1及び／または第2の媒質層の境界面とは反対側の面である外側面に弾性境界波を減衰させる吸音層が備えられている。従って、後述の実験例から明らかなように、吸音層の存在により、共振周波数よりも高域側や通過帯域の高域側における複数のスプリアス応答を効果的に抑圧することができる。従って、共振特性やフィルタ特性の良好な弾性境界波装置を提供することが可能となる。

【0045】

吸音層における横波の音速が、吸音層が積層されている第1及び／または第2の媒質層の横波の音速よりも低速である場合には、横波によるスプリアス応答を効果的に抑圧することができる。

【0046】

吸音層における縦波の音速が、吸音層が積層されている第1及び／または第2の媒質層における縦波の音速よりも低速である場合には、縦波による所望でないスプリアス応答を効果的に抑圧することができる。

【0047】

特に、吸音層の横波の音速が、吸音層が積層されている第1及び／または第2の媒質層における横波の音速の0.13倍以上、1.23倍以下の範囲にある場合には、横波による所望でないスプリアス応答を効果的に抑圧することができる。

【0048】

また、吸音層における音響インピーダンスが、第1及び／または第2の媒質層の音響インピーダンスの0.2～5.3倍の範囲にある場合には、上記所望でない複数のスプリアス応答を効果的に抑圧することができる。

【0049】

吸音層が第1及び／または第2の媒質層と同種の方法を用いて構成されている場合には、吸音層を第1及び／または第2の媒質層と同様の工程で製造することができる。

【0050】

また、吸音層の外側に、該吸音層よりも減衰定数が小さい低減衰定数層が設けられている場合には、減衰定数の小さい膜が緻密性に優れていることが多いため、耐湿性能を向上することができる。従って、吸音層やその下の層を効果的に保護することができる。

【0051】

本発明においては、吸音層は様々な材料で構成されるが、樹脂、ガラス、セラミックス及び金属からなる群から選択された少なくとも1種により構成されている場合には、十分な吸音性をもつものを有し、かつ比較的硬いため、所望でないスプリアスを効果的に抑圧することができ、かつ強度に優れた弾性境界波装置を提供することができる。上記吸音層は単一材料で形成される必要は必ずしもない。また、樹脂材料は減衰定数の大きい材料が多く、炭素やシリカ、タンゲステンなどのセラミックスや金属等をフィラーとして加える

ことにより、様々な音速や音響特性インピーダンスをもつ吸音媒質を構成することができる。例えば、エポキシ系樹脂などの樹脂材料に、上記のようなフィラーを含有させることにより、音速や音響特性インピーダンスを調整し得るだけでなく、弾性波を散乱させることにより、減衰定数の増大効果を得ることもできる。

【0052】

吸音層が、第1及び／または第2の媒質層の表面において、境界における弾性境界波伝搬路と対向する部分に設けられている場合には、吸音層の存在により、所望でないスプリアスを効果的に抑圧することができる。

【0053】

吸音層の少なくとも片面に導体層が積層されている場合には、導体層により電磁シールド機能を果たすことができる。

【0054】

境界に設けられた電極に電氣的に接続されており、第1及び／または第2の媒質層を貫通するように設けられたスルーホール電極と、該スルーホール電極に接続されており、かつ弾性境界波装置の外表面に設けられた外部電極とをさらに備える場合には、弾性境界波装置をスルーホール電極を用いて電氣的に接続することができるので、弾性境界波装置の小型化を図ることができる。

【0055】

スルーホール電極内に弾性体が充填されている場合には、空洞を有しないので、媒質層との音響インピーダンス差を小さくすることができる。従って、弾性境界波の所望でない反射や散乱を抑制できる。また、腐食性ガスの侵入を抑制することもできる。

【0056】

第1の媒質層に設けられたスルーホール電極と、第2の媒質層に設けられたスルーホール電極とを有し、第1の媒質層に設けられたスルーホール電極と、第2の媒質層に設けられたスルーホール電極とが厚み方向に重ならないように形成されている場合には、腐食性ガス等の内部への侵入を抑制することができる。

【0057】

境界に設けられた電極に電氣的に接続されており、かつ弾性境界波装置の外表面に設けられた配線電極をさらに備える場合には、外部表面を利用して弾性境界波装置の電極を外部に取り出すことができる。

【0058】

弾性境界波装置は、境界と交差する側面に段差部を有し、該段差部において、外表面に形成された配線電極が接続電極に接続されている場合には、電氣的接続の信頼性を高めることができる。

【0059】

第1の媒質層と第2の媒質層との間、第1の媒質層の外側表面及び第2の媒質層の外側表面の少なくとも1つに、境界面と平行な方向の線膨張係数が第1、第2の媒質層よりも低い第3の材料層が設けられている場合には、温度変化による反りなどの外形の歪みを抑制できるとともに、フィルタの場合には中心周波数、共振子の場合には共振周波数などの周波数特性の温度特性を改善できる。

【0060】

第1の媒質層と第2の媒質層との間、第1の媒質層の外側表面及び第2の媒質層の外側表面の少なくとも1つに、境界面と平行な方向の線膨張係数の符号が第1、第2の媒質層の線膨張係数の符号と異なる第3の材料層が設けられている場合には、さらに温度変化による反りなどの外形の歪みを抑制できるとともに、フィルタの場合には中心周波数、共振子の場合には共振周波数などの周波数特性の温度特性を改善できる。

【0061】

第1の媒質層と第2の媒質層との間、第1の媒質層の外側表面及び第2の媒質層の外側表面の少なくとも1つに、第1、第2の媒質層よりも熱伝導率が高い第4の材料層が配置されている場合には、放熱性が高められ、大電力印加時の温度上昇が抑制でき、耐電力性

能が改善する。

【0062】

境界または第1、第2の媒質層の表面に、インピーダンス整合回路が構成されている場合には、弾性境界波装置にインピーダンス整合回路を内蔵させることができる。

【0063】

第2の媒質層の厚みは 0.5λ 以上であり、吸音層の厚みは 1.0λ 以上である場合には、本発明に従って、所望でないスプリアス応答をより効果的に抑圧することができる。

【0064】

吸音層が積層構造を有する場合には、吸音層を構成する各層の厚み及び材料を選択することにより、所望とする性能を有する吸音層を容易に構成することができる。

【0065】

吸音層が複数の材料層を有する積層構造を有し、第2の媒質層に近い側の吸音材料層の音響特性インピーダンスが、該吸音材料層よりも第2の媒質層から隔てられた吸音材料層の音響インピーダンスと、第2の媒質層の音響インピーダンスとの中間の値を有する場合には、第2の媒質層と、外側の吸音材料層との音響インピーダンスの整合性を高めることができる。

【0066】

本発明に係る弾性境界波装置において、実装側の面に bumps を介して実装用基板が接合されており、該実装用基板が第1、第2の媒質層及び吸音層を有する構造部分よりも固い材料からなる場合には、該実装用基板を用いてプリント回路基板などにより本発明に係る弾性境界波装置を容易に実装することができる。この場合、実装用基板が相対的に高い強度を有するため、プリント基板などに半田により実装されたとしても、プリント回路基板側からの応力が弾性境界波チップ側に加わることを抑制することができる。従って、例えばプリント回路基板が曲がったりした場合であっても、弾性境界波装置の周波数特性の劣化や割れを抑制することができる。

【0067】

また、弾性境界波装置と実装基板との間に応力緩衝体が設けられている場合には、該応力緩衝体によって、実装構造が固定されるプリント基板の曲げ等による応力の境界波チップへの伝達が抑制されるので、境界波チップが曲がらず、周波数特性の劣化やチップの割れが防げる。

【0068】

本発明に係る弾性境界波装置の製造方法では、第1の媒質層上に電極を形成する工程と、該電極を覆うように第2の媒質層を形成する工程と、第1の媒質層及び／または第2の媒質層の境界面とは反対側の面に吸音層を形成する工程とを備えるため、本発明に係る弾性境界波装置を提供することができる。

【0069】

吸音層を形成する工程において、吸音層内のガスを脱気する工程が含まれている場合には、経時による周波数特性の変化を抑制とすることができる。

【0070】

本発明の製造方法において、複数の弾性境界波装置を連結してなるマザーの状態で吸音層形成までの製造工程が行われ、吸音層を形成した後に、個々の弾性境界波装置単位に分割される場合には、本発明の弾性境界波装置を効率良く製造することができる。また、吸音層を形成する前までの工程がマザーの状態で行われ、個々の弾性境界波装置に分割された後に吸音層を形成する工程が行われる場合には、外部端子を除くチップ全体を吸音層で覆うことができるので、境界波装置の耐環境特性を高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0071】

以下、図面を参照しつつ本発明の具体的な実施形態を説明することにより、本発明を明らかにする。

【0072】

本願発明者らは、上記スプリアスの原因を調べるため、数値解析を行った。この数値解析は、文献「A method for estimating optimal cuts and propagation directions for excitation and propagation directions for excitation of piezoelectric surface waves」(J.J.Campvelli and W.R.Jones, IEEE Trans. Sonics and Ultrason., Vol. SU-15(1968)pp.209-217)に開示されている方法を元に行ったものである。ここでは、 SiO_2 とAuとの境界及びAuと LiNbO_3 との境界における変位と上下方向の応力を連続とし、短絡境界であるため電位を0とし、 SiO_2 の厚みを所定の値とし、 15° Y-X伝搬の LiNbO_3 の厚みを無限大として、境界波の変位分布とスプリアスモードの変位分布を求めた。

【0073】

図2は、Auの厚みを 0.05λ 、 SiO_2 の厚みを 1.5λ とした時のメインモードである弾性境界波の変位分布を示す。

【0074】

また、図3(a)～図7は、図2と同一条件における各スプリアスモードの変位分布を示す図である。また、図2に示されている変位分布を示す境界波と、図3(a)～図7に示す各変位分布が示されているスプリアスモードは、応答周波数が低い順から並べられている。すなわち、図2に示す境界波の周波数が最も低く、図7に示すスプリアスモードの周波数が最も高い。また、 λ は、メインモードである境界波の波長である。

【0075】

また、図2～図7において、実線はU1成分(変位の X_1 方向成分)、破線はU2成分(変位の X_2 方向成分)、一点鎖線U3成分(変位の X_3 方向成分)を示す。

【0076】

上記 X_1 方向とは、境界面において境界波が伝搬する方向をいうものとし、 X_2 方向とは、境界面に含まれる方向であって、かつ X_1 方向と直交する方向であり、 X_3 方向とは、境界面と直交する方向である。

【0077】

一般に、弾性波には、U1成分で構成されるP波、U2成分で構成されるSH波及びU3成分で構成されるSV波が存在する。弾性境界波や上記スプリアスモードは、部分波であるP波、SH波及びSV波の組み合わせによるモードである。なお、図3(b)～図7では、Au層の位置のみを示し、 SiO_2 層及び LiNbO_3 層の表示は図示を容易とするために省略している。

【0078】

図2から明らかなように、メインモードである境界波では、U2成分が主体であるSH型の境界波であることがわかる。

【0079】

そして、図3(a)～図7から明らかなように、スプリアスモードはU2成分主体のスプリアスモードと、U1及びU3成分主体のスプリアスモードと、U1成分主体のスプリアスモードの3種類に大別されることがわかる。この3種類のスプリアスモードは、第2の媒質層である SiO_2 膜の表面と境界層に配置されたAuからなる電極との間でエネルギーの多くを閉じ込められて伝搬する。そして、3種類のスプリアスモードが発生するため、上述した図34及び36に示した複数の高域側のスプリアス応答が生じたと考えられる。

【0080】

なお、図3(a)～図7に示したスプリアスモードの他に、U1及びU3成分主体のストンリー波と類似したモード(以下、ストンリー波と総称する)も伝搬するが、 $\text{SiO}_2/\text{Au}(0.05\lambda)/15^\circ\text{Y-X伝搬LiNbO}_3$ 構造では、ストンリー波の電気機械結合係数はほぼ0であり、ストンリー波は励振されない。

【0081】

本願発明者らは、上記図2～図7に示した結果を考慮し、第2の媒質層にエネルギーが閉じ込められて伝搬するモードを抑制すれば、上述した高域側の複数のスプリアス応答を

抑制し得ると考え、本発明をなすに至った。

【0082】

図1(a)及び(b)は、本発明の第1の実施形態に係る弾性境界波装置を示す正面断面図及び模式的斜視図である。

【0083】

弾性境界波装置1は、第1の媒質層2を有する。第1の媒質層2は、 15° Y-X伝搬の LiNbO_3 単結晶基板により構成されている。もっとも、本発明において、第1の媒質層2は、他の単結晶基板、例えば他の結晶核の LiNbO_3 圧電単結晶基板などにより構成されていてもよく、 LiTaO_3 などの他の圧電単結晶により構成されていてもよい。

【0084】

第1の媒質層2の上面には、IDT3及び反射器4、5が形成されている。本実施形態では、IDT3の両側にグレーティング反射器4、5が配置されて、1ポート型弾性境界波素子が構成されている。

【0085】

上記IDT3及び反射器4、5を覆うように第2の媒質層6が形成されている。第2の媒質層6は、本実施形態では、 SiO_2 膜により構成されている。

【0086】

そして、第2の媒質層6の上面に、吸音層7が形成されている。吸音層7は、弾性波の減衰定数が第2の媒質層6よりも大きな樹脂により構成されている。本実施形態では、上記IDT3及び反射器4、5は、厚さ 0.003λ の NiCr からなる密着層上に、厚さ 0.05λ の Au からなる主電極層を積層することにより構成した。そして、IDTには、図34に示した特性を得た弾性境界波素子の場合と同様に、交叉幅重み付けを施し、電極指の対数は50対、対向するバスバー間の距離は 30.5λ 、IDT3を構成する電極指のデューティ比は0.55とした。また、反射器4、5の電極指の本数はそれぞれ50本とした。さらにIDTの電極指の電極指先端間距離は 0.25λ 、最大交差幅は 30λ とした。IDT3と反射器4、5の λ は一致させ、IDT3と反射器4、5との電極指中心間距離は 0.5λ とした。さらに、 SiO_2 膜の厚みは 2λ とし、図34に示した特性の比較例の場合と同様に、RFマグネトロンスパッタによりウエハー加熱温度 200°C で成膜を行った。

【0087】

従って、弾性境界波装置1は、吸音層7が設けられていることを除いては、上記した比較例と同様に構成されている。

【0088】

そして、吸音層7は、硬度調整したエポキシ系樹脂により構成されており、 5λ 以上の厚みを有する。吸音層7の形成は、第2の媒質層6上にエポキシ系樹脂を塗布し、硬化することにより行った。

【0089】

弾性境界波装置1のインピーダンス－周波数特性及び位相－周波数特性を図8に示す。

【0090】

図8を、図34と比較すれば明らかなように、 1700MHz 付近のスプリアス応答のインピーダンス比（共振周波数と反共振周波数におけるインピーダンスの比）は、図34では 29.3dB であったのに対し、本時実施形態では 7.1dB と著しく小さくなっていることがわかる。すなわち、吸音層7の形成により、高域側の所望でないスプリアス応答を効果的に抑圧し得ることがわかる。

【0091】

もっとも、図8に示した周波数特性では、 1700MHz 付近のスプリアスを完全に抑圧することはできていない。

【0092】

本願発明者の知見によれば、音速の遅い層と音速の速い層が混在する積層構造を伝搬す

る弾性波は、音速の遅い層にエネルギーを集中させて伝搬することがわかっている。従って、第2の媒質層の表面に配置される吸音層7は、弾性波の音速が遅い材料で構成し、吸音層7/第2の媒質層/電極/第1の媒質層2の積層構造を用いることにより、第2の媒質層から吸音層7にスプリアスとなるモードのエネルギーを移行させ得ることがわかる。

【0093】

すなわち、吸音層7は、吸音媒質として作用し、吸音層7に移行したスプリアスモードのエネルギーは再度第2の媒質層6には戻らないことになる。この場合、弾性境界波装置1の主応答である弾性境界波は境界面近傍にエネルギーを集中して伝搬しているため、弾性境界波自体のエネルギーの劣化は生じ難い。

【0094】

図2～図7に示した上述した解析結果では、SV波が主成分とするスプリアスモード、SH波が主成分となるスプリアスモード及びP波が主成分となるスプリアスモードの3種類のスプリアスモードが確認された。

【0095】

従って、SH波とSV波が主成分となるスプリアスモードを抑制するには、第2の媒質層における横波の音速よりも、吸音層7の横波の音速を遅くすれば強く抑制し得ることがわかる。また、P波が主成分となるスプリアスモードを効果的に抑制するには、第2の媒質層における縦波の音速よりも吸音層7の縦波の音速を遅くすればよいことがわかる。

【0096】

他方、第2の媒質層6から吸音層7に移行するモードのエネルギーTは、第2の媒質層6の音響特性インピーダンスを Z_0 、吸音層7の音響特性インピーダンスを Z_L とすると、 $T = 4 Z_0 Z_L / (Z_0 + Z_L)^2$ で表される。

【0097】

上記式から明らかなように、第2の媒質層6の音響特性インピーダンス Z_0 と吸音層7の音響特性インピーダンス Z_L とが近いほど、第2の媒質層6から吸音層7に移行するエネルギー量Tが増加し、スプリアスモードを効率良く抑制し得ることがわかる。

【0098】

従って、SH波とSV波を主成分とするスプリアスモードを抑制するには、第2の媒質層6と吸音層7の横波の音響特性インピーダンスを整合、すなわち近接させることが望ましい。また、P波を主成分とするスプリアスモードを抑制するには、第2の媒質層6と吸音層7における縦波の音響インピーダンスを整合させることが望ましい。

【0099】

よって、第2の媒質層よりも低速であり、音響整合性が高く、吸音効果の高い材料により吸音層7を構成することが望ましい。

【0100】

また、上記検討結果を確かめるために、図1に示した弾性境界波装置1における解析を行った。この解析においては、第1の媒質層2は、厚み無限大の $15^\circ \text{Y-X LiNbO}_3$ 基板からなり、第2の媒質層6が厚さ 1.5λ の SiO_2 膜、IDTが厚さ 0.05λ のAu膜とした。吸音層7と SiO_2 膜との境界、 SiO_2 膜とAuとの境界及びAuと LiNbO_3 との境界における変位と上下方向の応力を連続とし、 SiO_2 とAuとの境界及びAuと LiNbO_3 の境界は短絡境界であるため、電位を0とした。吸音層7は等方体として扱い、厚さを無限とし、 SiO_2 膜から吸音層7に通過した波が吸収される様子を模した。この構造において、境界波とスプリアスモードの音速と伝搬損失を求めた。

【0101】

等方体を伝搬する縦波と横波の音速と音響特性インピーダンスにつき説明する。等方体の弾性スチフネス係数 C_{11} 、 C_{12} と、密度 ρ より、横波の音速を V_s 、縦波の音速を V_p 、横波の音響特性インピーダンスを Z_s 、縦波の音響特性インピーダンスを Z_p とした時、 V_s 、 V_p は以下の式で表される。

【0102】

【数 1】

$$V_s = \sqrt{\frac{C_{11} - C_{12}}{2\rho}}$$

$$V_p = \sqrt{\frac{C_{11}}{\rho}}$$

$$Z_s = \rho V_s$$

$$Z_p = \rho V_p$$

図 9 (a) ~ 図 10 (b) は、上記弾性境界波装置において、吸音層の密度 ρ を様々に変化させたことを除いては、上記と同様に構成された弾性境界波装置における吸音層の密度 ρ と、横波音速 V_s と、伝搬する境界波、U2 成分主体のスプリアスモード及び U3 成分主体のスプリアスモードの各音速及び減衰定数との関係を示す各図である。

【0103】

なお、図 9 から後述の図 12 までにおいて、U2 成分主体のスプリアスモードとしては、U2 成分主体の次数の低いスプリアスモード、すなわち U2 高次-1 モードと、U2 成分主体の次数の高いスプリアスモード、すなわち U2 高次-2 モードが示されている。また、U3 成分主体のスプリアスモードとしては、U3 成分主体の次数の低い U3 高次-1 モードと、次数の高い U3 高次-2 モードとが示されている。

【0104】

SiO₂ の横波音速は 3757 m/秒であり、密度は 2210 kg/m³ であるため、吸音層の横波音速は 3757 m/秒、密度が 2210 kg/m³ でスプリアスモードの減衰定数が極大となり、スプリアスが抑圧される。他方、SH 型境界波とストンリー波は全く減衰しない。なお、ここで計算した構成では、ストンリー波の電気機械結合係数は前述したようにほぼ 0 となるため、ストンリー波は伝搬可能であるが、励振されないため、スプリアスとはならない。

【0105】

図 9 (a) ~ 図 10 (b) では、吸音層の密度を変化させただけであるため、吸音層の横波音速と横波の音響特性インピーダンスによる効果を評価することはできない。そこで、吸音層における横波の音響特性インピーダンス Z_s を、SiO₂ の横波の音響特性インピーダンスである $8.30 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{秒}$ に固定し、下記の関係式を用いて定数を決定し、吸音層の横波音速 V_s を変化させ、SH 型の弾性境界波と、U2 成分主体のスプリアスモード及び U3 成分主体のスプリアスモードの各音速及び減衰定数との関係を求めた。図 11 (a) 及び (b) に結果を示す。

$$C_{11} = C_{12} + 2Z_s^2 / \rho$$

【0106】

次に、吸音層の横波音速 V_s を 3757 m/秒に固定し、下記の関係式を用いて定数を決定し、音響特性インピーダンス Z_s を変化させ、SH 型境界波、U2 成分主体のスプリアスモード及び U3 成分主体のスプリアスモードの各音速及び減衰定数との関係を求めた。図 12 (a) 及び (b) に結果を示す。

$$C_{11} = C_{12} + 2\rho V_s^2$$

【0107】

図 12 (a) 及び (b) から、吸音層の横波音速 V_s が SiO₂ の音速 3757 m/秒に近いほど、スプリアスモードの減衰定数が大きくなり、かつ SiO₂ の音速よりも低音速の場合に減衰定数が大きいことがわかる。弾性境界波装置に用いられる IDT の電極指の対数は通常 10 ~ 50 対であり、伝搬波長に対して $10\lambda \sim 50\lambda$ の範囲とされている

。計算で求められた減衰定数 α は $\pm X_3$ 方向のエネルギーの放射を表す。スプリアスモードが減衰定数が $0.5 \text{ dB}/\lambda$ であれば 10λ で例えば 5 dB 減衰し、 50λ では例えば 25 dB 減衰する。この減衰は、吸音層側に弾性波が放射することによる減衰である。

【0108】

さらに、吸音層自体の吸音効果による減衰も加わる。従って、十分なスプリアス抑制効果が得られる。スプリアスモードの減衰定数が $1.0 \sim 1.5 \text{ dB}/\lambda$ 以上であれば、さらに優れたスプリアス抑制効果が得られる。

【0109】

吸音層の横波音速 V_s は、より好ましくは、 SiO_2 の横波音速の $0.13 \sim 1.23$ 倍の範囲で、 U_2 成分主体及び U_3 成分主体の次数の高いスプリアスモード、すなわち U_2 高次-2モード及び U_3 高次-2モードが $1.5 \text{ dB}/\lambda$ 以上減衰し、また U_2 成分主体の次数の低いスプリアスモードすなわち U_2 高次-1が $0.5 \text{ dB}/\lambda$ 以上減衰することが確認できた。さらに好ましくは、吸音層の横波音速 V_s が、 SiO_2 の横波音速の $0.6 \sim 1.00$ 倍の範囲で、 U_3 成分主体の次数が低いスプリアスモード、すなわち U_3 高次モードが 0.5 dB 以上減衰する。同一の部分波成分を主体とするモードの場合、次数が低いモードほど電気機械結合係数が大きい傾向があり、大きなスプリアスとなりやすい。

【0110】

なお、 U_2 成分主体の2つ目の高次スプリアスモードである U_2 高次-2と表記されているスプリアスモードは、吸音層の横波音速 V_s が $5000 \text{ m}/\text{秒}$ 以上であっても、 $0.003 \text{ dB}/\lambda$ の減衰定数を有する。また、 U_3 成分主体の2つ目の高次スプリアスモード (U_3 高次-2) も、吸音層の横波音速 V_s が $5000 \text{ m}/\text{秒}$ 以上であっても、 $0.477 \text{ dB}/\lambda$ の減衰定数を持つ。これらの減衰定数は、スプリアスモードの音速が、 LiNbO_3 単結晶基板の SH 波の音速または SV 波の音速よりも速いため、単結晶基板側にエネルギーを放射するために発生する。

【0111】

また、図12 (a) 及び (b) から、吸音層の音響特性インピーダンス Z_s が SiO_2 の音響特性インピーダンスである $8.30 \times 10^6 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{秒}$ に近いほどスプリアスモードの減衰定数が大きいことがわかる。 U_2 高次-1と表記されているスプリアスモードは、吸音層の音響特性インピーダンス Z_s が、 SiO_2 の音響特性インピーダンスの 0.45 倍 ~ 3.61 倍で $0.5 \text{ dB}/\lambda$ 以上減衰し、 0.75 倍 ~ 1.99 倍で $1.0 \text{ dB}/\lambda$ 以上減衰し望ましく、 0.89 倍 ~ 1.48 倍で $1.5 \text{ dB}/\lambda$ 以上減衰しさらに望ましい。

【0112】

また、 U_2 高次-2で表されるスプリアスモードは、吸音層の音響特性インピーダンスが SiO_2 の音響特性インピーダンスの 0.20 倍 ~ 5.30 倍で $0.5 \text{ dB}/\lambda$ 以上減衰し、 0.41 倍 ~ 3.25 倍で 1.0 dB 以上減衰し望ましく、 0.57 倍 ~ 1.88 倍で $1.5 \text{ dB}/\lambda$ 以上減衰しさらに望ましい。

【0113】

また、 U_3 高次-1で表されているスプリアスモードは、吸音層の音響特性インピーダンス Z_s が SiO_2 の音響特性インピーダンスの 0.84 倍 ~ 1.29 倍以上で $0.5 \text{ dB}/\lambda$ 以上減衰し、 0.96 倍 ~ 1.08 倍で $1.0 \text{ dB}/\lambda$ 以上減衰し望ましく、 0.99 倍 ~ 1.02 倍で 1.5 dB 以上減衰しさらに望ましい。

【0114】

さらに、 U_3 高次-2と表されているスプリアスモードは、吸音層の音響特性インピーダンス Z_s が SiO_2 の音響特性インピーダンスの 0.71 倍以上で $0.5 \text{ dB}/\lambda$ 以上減衰し、 0.76 倍 ~ 1.98 倍で $1.0 \text{ dB}/\lambda$ 以上減衰し望ましく、 0.89 倍 ~ 1.47 倍で $1.5 \text{ dB}/\lambda$ 以上減衰しさらに望ましい。

【0115】

計算結果を実証するために、実験を行った。図34に示した特性を有する比較例の弾性

境界波共振子の SiO_2 表面に、種々の吸音層を密着形成し、図 1 に示した実施形態の弾性境界波装置 1 を構成した。図 13 は吸音層の横波音速を SiO_2 の横波音速で除算することにより得られた横波音速比 (V_s 比) と、スプリアスモードのインピーダンス比の関係を示し、図 14 は、吸音層の横波の音響インピーダンスを SiO_2 の横波の音響インピーダンスで除算して得られた音響インピーダンス比 (Z_s 比) と、スプリアスモードのインピーダンス比との関係を示す。なお、スプリアスモードのインピーダンス比とは、スプリアスモードの共振周波数と反共振周波数のインピーダンスの比が、最も大きいスプリアスモードのインピーダンスの比をいうものとする。

【0116】

上記弾性境界波装置においては、 V_s 比を 0.273 及び Z_s 比を 0.127 とした場合、スプリアスモードのインピーダンス比は 7.1 dB 以上であるが、吸音層の Z_s 比を 0.393 以上とすると、スプリアスモードのインピーダンス比は 3.9 dB 以下となり、 Z_s 比が 1 に近づくほどスプリアスモードのインピーダンス比が小さくなる。また、 V_s 比を 0.488 以上とすれば、スプリアスモードのインピーダンス比は 3.9 dB 以下となり、 V_s 比が 1 に近づくほど、スプリアスモードのインピーダンス比は小さくなる。

【0117】

図 15 は、 SiO_2 膜の表面に、 V_s 比 0.633 及び Z_s 比 0.547 の吸音層を形成した場合の弾性境界波共振子の共振特性を示し、図 16 は、上記弾性境界波共振子を用いて構成されたラダー型フィルタのフィルタ特性を示す。

【0118】

前述した図 7 では、吸音層の吸音効果による横波の減衰定数は $7.1 \text{ dB}/\lambda$ であったのに対し、図 15 及び図 16 に示した特性で得られた構成では、吸音層の横波の減衰定数は $1.75 \text{ dB}/\lambda$ であった。この結果から、吸音層は、減衰定数が高いのみでは、スプリアスモードを十分に抑圧できず、音響インピーダンスを整合させることにより、スプリアスモードをより一層効果的に抑圧し得ることがわかる。

【0119】

なお、本発明においては、吸音層は、第 2 の媒質層と同種類の材料により構成されてもよい。その場合であっても、主応答である弾性境界波のエネルギーが存在する領域においてのみ減衰定数を小さくし、その外側の減衰定数を大きくすればよい。なお、「同種の材料」とは、必ずしも全く同一であることを意味せず、例えば、以下に述べる例のように、 SiO_2 膜であっても、成膜方法の相違により特性が異なるものとなる。このように、製法が異なる 2 種の SiO_2 膜のような組み合わせが、上記同種の材料の表現に含まれるものである。第 2 の媒質層をスパッタ膜などで構成する場合、一般に減衰定数の大きな低品位な膜は高速で成膜でき、かつ安価であるのに対し、減衰定数の小さな高品位の膜では、低速成膜でありかつ高価である。例えば、 SiO_2 膜/ Al 電極/ Au 電極/ LiNbO_3 からなる弾性境界波装置において、吸音層として、 SiO_2 膜の上方に、第 2 の SiO_2 膜を形成してもよい。この場合、第 2 の媒質層を構成する SiO_2 膜については、減衰定数が小さく高品位な SiO_2 膜で構成し、厚さを 0.5λ 程度とし、吸音層を構成する第 2 の SiO_2 膜は、減衰定数の大きな低品位な SiO_2 膜により、例えば厚み 1.0λ 程度に形成すればよい。このような構成では、弾性境界波装置の性能をほとんど劣化させず、安価にスプリアス応答を抑制することができる。この場合、高品位の SiO_2 膜と、低品位の SiO_2 の弾性定数や密度は近い値であるため、主モードである弾性境界波の深さ方向の変位分布はほとんど変化しない。低品位の膜は、高品位の膜と同一の装置で連続的に成膜することができるが、後述の工程で製造されてもよい。すなわち、高品位の膜及び低品位の膜の一方をスパッタリング、スピンコート法、スクリーン印刷及び CVD のいずれかにより、他方他のいずれかにより形成してもよい。

【0120】

また、第 1、第 2 の媒質層は、それぞれ、第 1 の材料層で構成されている必要は必ずしもない。例えば、第 2 の媒質層は、複数の媒質材料層を積層した積層構造を有していてもよい。図 17 は、第 2 の媒質層が積層構造を有する変形例の弾性境界波装置の部分切欠正

面断面図である。この弾性境界波装置 21 では、第 1 の媒質層 22 上に IDT 23 が形成されており、IDT 23 を覆うように、第 2 の媒質層 26 が形成されている。ここでは、第 2 の媒質層 26 は、媒質材料層 26a 上に、媒質材料層 26b を積層した構造を有する。また、第 2 の媒質層 26 上に、吸音層 27 が形成されている。

【0121】

媒質材料層 26a, 26b は、適宜の材料により構成される。例えば、媒質材料層 26a は SiO_2 により、媒質材料層は SiN により構成されることができ、3 以上の媒質材料層を積層し、それによって第 2 の媒質層を構成してもよい。

【0122】

さらに、減衰定数大きい媒質材料層と、減衰定数小さい媒質材料層とを積層した構造としてもよく、減衰定数大きい媒質材料層と、減衰定数小さい媒質材料層とを交互に積層してもよい。減衰定数の小さい媒質材料層は緻密性に優れていることが多く、従って、境界面に対して外側に配置することにより、境界面付近の耐湿性を高めることができる。

【0123】

また、本発明においては、第 1 の媒質層も、積層構造を有していてもよい。本発明は、境界波が伝搬する境界面及びその近傍における境界波伝搬材料の減衰定数を小さくし、かつ外側の少なくとも一部の層に吸音層を構成することによりスプリアスモードを抑制したことに特徴を有する。さらに、吸音層により吸音効率を高めるために、上記のように吸音層と境界波伝搬媒質層の音響特性インピーダンスが整合されたり、吸音層が低音速化されて、スプリアスモードを漏洩モードとし、スプリアスを効果的に抑圧したことに特徴を有する。従って、吸音層の弾性波の減衰定数は、第 1, 第 2 の媒質層の減衰定数よりも大きいことが望ましい。

【0124】

本発明において用いられる上記吸音層を構成する材料は、第 1, 第 2 の媒質層に比べて、弾性波の減衰定数が大きければ特に限定されない。吸音層を構成する材料の例としては、例えば、エポキシ、フェノール、アクリレート、ポリエステル、シリコン、ウレタン、ポリイミドなどの各種樹脂、低融点ガラスや水ガラスなどの各種ガラス、アルミナセラミックスや金属膜なども利用できる。

【0125】

特に樹脂材料は減衰定数大きい材料が多く、その組成を容易に調製することができる。従って、様々な音速や音響特性インピーダンスを有する吸音層を構成することができるため、吸音層は、好ましくは樹脂材料により構成される。

【0126】

吸音層も複数の吸音材料層を積層してなる積層構造を有していてもよい。例えば、図 18 に示す変形例の弾性境界波装置 31 では、第 2 の媒質層 6 の上面に、第 1 の吸音材料層 7a と、第 2 の吸音材料層 7b とが積層された吸音層 7 が構成されている。ここでは、吸音材料層 7a の音響特性インピーダンスが、好ましくは、第 2 の媒質層 6 の音響特性インピーダンスと、第 2 の吸音材料層 7b の音響特性インピーダンスの中間の値とされ、それによって音響特性インピーダンスの整合状態が高められる。この場合、吸音材料層 7a は、第 2 の媒質層 6 と吸音材料層 7b の音響整合を図るために設けられているものであるため、吸音材料層 7a は、媒質層 6 よりも減衰定数大きいことが望ましいが、必ずしも減衰定数が媒質層 6 の減衰定数よりも大きい必要はない。

【0127】

本発明に係る弾性境界波装置では、図 19 に示すように、吸音層 7 の下方に導体層 41 が形成されていてもよい。また、図 20 に示すように、吸音層 7 の上面に導体層 42 が設けられていてもよい。このように、本発明においては、吸音層の上面及び下面の少なくとも一方に導体層が備えられていてもよく、それによって、例えばフィルタを構成した場合には入出力端子間の直達電磁波による減衰量の劣化を抑制することができる。好ましくは、上記導体層 41, 42 は、IDT や反射器が設けられている領域と、媒質層を介して対

向している領域に形成されていることが望ましく、それによって減衰量の劣化を抑制する効果を高めることができる。

【0128】

さらに、入力側 IDT と出力側 IDT とを含む場合には、入力側 IDT と媒質層を介して対向される導体層と、出力側 IDT と媒質層を介して対向される導体層とが分割されていることが望ましく、かつそれぞれの導体層が別の配線電極によりグラウンド電位に接続されることが望ましい。それによって、減衰量劣化抑制効果をより一層高めることができる。

【0129】

また、本発明に係る弾性境界波装置では、上記吸音層 7 は、樹脂系接着剤などの樹脂材料により構成することが望ましい。しかし、内部にガスが残留していると、リフロー半田時に割れが発生したり、経時的な脱気によりチップ応力の変化が生じ、周波数特性の経時変化が生じるおそれがある。これを防止するには、吸音層を樹脂材料により形成する工程において、すなわち例えば室温で吸音層を塗布した後、真空中で脱気することが望ましい。この場合、真空中で加熱し、吸音材料層を硬化すればよい。

【0130】

本発明に係る弾性境界波装置では、第 2 の媒質層や吸音層の上面に引き回しなどのために、配線電極を形成してもよい。例えば、図 21 に示す変形例の弾性境界波装置 51 では、吸音層 7 の上面に、配線電極 52 が形成されている。配線電極 52 の一端が、スルーホール電極 53、スルーホール電極 54 及び配線電極 55 を介して IDT 3 に電氣的に接続されている。ここで、スルーホール電極 53 は、吸音層 7 に設けられており、スルーホール電極 54 は第 2 の媒質層 6 に設けられている。

【0131】

例えば、第 1 の媒質層 2 が LiNbO_3 基板、第 2 の媒質層 6 が SiO_2 で構成されている場合、第 1 の媒質層 2 の誘電率が相対的に高く、第 2 の媒質層 6 の誘電率が相対的に低くなる。このような場合には、第 2 の媒質層 6 の上面に前記各種電極間を電氣的に接続するための引き回し等のための配線電極 52 等を形成することが望ましく、それによって引き回し配線による寄生容量を抑制することができる。また、例えば、第 1 の媒質層 2 がガラス基板、第 2 の媒質層 6 が ZnO 薄膜、吸音層 7 が低誘電率の誘電体により構成されている場合には、第 2 の媒質層 6 の誘電率が相対的に高く、吸音層 7 の誘電率が相対的に低くなる。このような場合には、吸音層 7 の上面に引き回し等のための配線電極等を形成することが望ましく、それによって引き回し配線による寄生容量を抑制することができる。従って、弾性境界波装置において、フィルタ特性や共振特性の劣化を抑制することができる。寄生容量が存在すると、減衰量が劣化したり、フィルタや共振子の帯域が狭くなったりし、望ましくない。

【0132】

また、上記のように、IDT 3 が配置されている部分と、配線電極 52 とが異なる層に配置されている場合、層間の接続はスルーホール電極 53、54 を用いることが望ましい。また、弾性境界波が伝搬する際には、IDT 3 の形成されている領域のみではなく、電極から僅かに滲み出しながら伝搬する。そのため、スルーホール電極 53、54、特にスルーホール電極 54 内が空洞の場合、空洞部と媒質層 6 との音響インピーダンス差が大きくなり、スルーホール部における反射係数が大きくなる。従って、スルーホール電極 54 の形成位置によっては、弾性境界波を反射もしくは散乱したり、共振を生じたりするおそれがある。そのため、スプリアスや減衰量の劣化などの問題を生じるおそれがある。そこで、好ましくは、スルーホール電極 54 内には、弾性体が充填され、それによって上記音響インピーダンスの差を低減することが望ましい。なお、スルーホール電極 53 についても同様に弾性体を充填することが望ましい。

【0133】

また、IDT 3 の形成は、通常フォトリソグラフィーで行われるが、スルーホール電極 54 内が空洞である場合、レジストのコーティングやウエハーの真空中などにより不具

合を生じるおそれがある。従って、このような不具合を防止するためによも、スルーホール電極 53, 54 内に、弾性体を充填することが望ましい。また、上記弾性体として、Cu などの導電材を用いた場合には、配線抵抗を低める効果も期待できる。

【0134】

スルーホール電極 53, 54 内が弾性体で充填されていない場合には、外部からガスが弾性境界波装置の深部まで流入しやすくなり、腐食性ガスによる性能劣化を生じるおそれがある。また、スルーホール電極 53, 54 内が弾性体で充填されている場合においても、該弾性体と弾性境界波装置の第 2 の媒質層 6 などとの熱膨張率や弾性率が異なり、応力が発生し、クラックなどが入りやすくなる。従って、外部からの腐食性ガスの侵入に対して脆弱となるおそれがある。特に、弾性境界波装置の一部の層が SiO₂ などの非晶体や ZnO などの多結晶体で形成されている場合、上記クラックにより膜内部に腐食性ガスが侵入、電極の腐食等を引き起こすおそれがある。

【0135】

そこで、上記のように、複数のスルーホール電極 53, 54 が形成されている構造では、図 21 に示されているように、スルーホール電極 53 とスルーホール電極 54 とが弾性境界波装置内において厚み方向に連続していないことが望ましい。図 21 では、スルーホール電極 53, 54 は、平面視した場合に異なる位置に配置され、接続電極 56 により接続されている。それによって、弾性境界波装置の深部への腐食性ガスの侵入を抑制することができる。

【0136】

上記スルーホール電極による層間結線は、配線の自由度が高いため、弾性境界波装置のチップサイズを縮小することができる。しかしながら、弾性境界波装置の第 1, 第 2 の媒質層等に単結晶材料を用いた場合には、スルーホール形成が困難となることがある。すなわち、Ar と CF₄ 混合ガスによる反応性イオンエッチングなどによりスルーホールが形成され得るが、弾性境界波装置の媒質層の厚みが厚い場合には、スルーホール側壁の垂直性を確保することが困難となったり、加工時間が長くなったりするという問題がある。また、穴あけ加工により、媒質層の強度が低下したり、回路基板への実装時や環境温度の変化により、チップ割れが生じたりするおそれがある。さらにスルーホール部分での弾性境界波の反射や散乱が生じたり、腐食性ガスによる問題が生じるおそれもある。これらの問題は、スルーホール電極を用いずに、弾性境界波装置の外表面に設けられた配線電極により結線を行うことにより解決することができる。

【0137】

図 22 は、外表面に配線電極が形成されている変形例の弾性境界波装置を示す模式的部分切欠断面図である。

【0138】

弾性境界波装置 61 では、第 1 の媒質層 2 上に IDT 63 と反射器（図示せず）が形成されている。IDT 63 及び反射器を覆うように第 2 の媒質層 66 が積層されている。第 1 の媒質層 2 と第 2 の媒質層 66 との境界面において、IDT 63 に接続されるように接続電極 67 が形成されている。接続電極 67 は、弾性境界波装置 61 の外表面に引き出されている。そして、第 2 の媒質層 66 の上面に、第 3 の媒質層 68 が積層されている。第 2 の媒質層 66 と第 3 の媒質層 68 との間の境界に、配線電極 69 が形成されている。配線電極 69 もまた、弾性境界波装置 61 の外側面に引き出されている。

【0139】

なお、第 1, 第 2 の媒質層 2, 66 は、第 1 の実施形態の弾性境界波装置の第 1, 第 2 の媒質層 2, 6 と同様に構成され得る。第 3 の媒質層 68 は、第 2 の媒質層 66 と同種の材料で構成されている。すなわち、本実施形態では、第 2 の媒質層 66 と第 3 の媒質層 68 とを有する積層構造により、境界面の上方の媒質層が構成されている。もっとも、第 3 の媒質層 68 は、第 2 の媒質層 66 と異種の材料で構成されていてもよい。

【0140】

第 3 の媒質層 68 の上面には、吸音層 7 が形成されている。吸音層 7 は、第 1 の実施形

態における吸音層 7 と同様の材料で構成され得る。

【0141】

第 3 の媒質層 6 8 と吸音層 7 との間の界面に、配線電極 7 1 が形成されている。配線電極 7 1 もまた、弾性境界波装置 6 1 の外表面に引き出されている。

【0142】

そして、弾性境界波装置 6 1 の外側面には、配線電極 7 2 が形成されている。配線電極 7 2 は、接続電極 6 7、配線電極 6 9、7 1 を弾性境界波装置 6 1 の外表面において電気的に接続している。

【0143】

また、弾性境界波装置 6 1 では、吸音層 7 の上面に外部接続電極 7 3 が形成されており、外部接続電極 7 3 に配線電極 7 2 が接続されている。また、弾性境界波装置 6 1 では、第 2 の媒質層 6 6、第 3 の媒質層 6 8 及び吸音層 7 が積層されている構造の外表面が、外部接続電極 7 3 が設けられている部分を除いて保護膜 7 4 により被覆されている。保護膜 7 4 は、適宜の絶縁性樹脂、例えばエポキシ樹脂などにより構成され得る。保護膜 7 4 の形成により、弾性境界波装置 6 1 の耐湿性などの耐環境特性を高めることができる。

【0144】

図 2 3 は、図 2 2 に示す弾性境界波装置 6 1 において、上記保護膜 7 4 及び外部接続電極 7 3 とを除去した構造を模式的に示す斜視図である。図 2 2 及び図 2 3 から明かなように、弾性境界波装置 6 1 では、上記第 2 の媒質層 6 6、第 3 の媒質層 6 8 及び吸音層 7 が、配線電極 7 2 が設けられている外側面部分において段差を有するように積層されている。言い換えれば、第 2 の媒質層 6 6、第 3 の媒質層 6 8 及び吸音層 7 の、配線電極 7 2 が設けられている外側面部分がこの順序で中央寄りに位置している。また、接続電極 6 7、及び配線 6 9、7 1 は、該段差部に引き出されている。そのため、配線電極 7 2 は、接続電極 6 7 及び配線 6 9、7 1 と大きな面積で確実に電気的に接続されている。

【0145】

上記段差部を有する弾性境界波装置 6 1 の製造に際しては、マザーのウエハー段階で多数の弾性境界波装置 6 1 を構成し、しかる後フォトリソグラフィ、スクリーン印刷またはめっきなどにより、一括して外部接続電極 7 3 を形成した後、配線電極 7 2 を形成した後、個々の弾性境界波装置 6 1 単位にマザーのウエハーを分割することにより得られる。従って、層間結線を効率良くかつ安価に行うことができる。

【0146】

図 2 4 は、本発明のさらに他の実施形態に係る弾性境界波装置を示す模式的正面断面図である。本実施形態の弾性境界波装置 8 1 では、 LiNbO_3 からなる第 1 の媒質層 2 上に IDT 3 及び反射器 4、5 が形成されている。そして、IDT 3 及び反射器 4、5 を含む電極構造を被覆するように第 2 の媒質層 6 が形成されている。第 2 の媒質層 6 は、 SiO_2 膜により形成されている。

【0147】

そして、第 2 の媒質層 6 の上面には、 LiNbO_3 基板よりも線膨張係数が小さく、熱伝導率が高い熱伝導性材料層 8 2 が積層されている。熱伝導性材料層 8 2 は、本実施形態では、ダイヤモンドライクカーボン薄膜により形成されている。熱伝導性材料層 8 2 の上面には、吸音層 7 が積層されている。吸音層 7 は、第 1 の実施形態の吸音層 7 と同様の材料で構成され得る。

【0148】

また、吸音層 7 の上面には、エポキシ樹脂層 8 3 が形成されている。エポキシ樹脂層 8 3 の上面には、配線電極 8 4、8 5 が形成されている。そして、配線電極 8 4、8 5 を覆うように保護膜 8 6 が形成されている。エポキシ樹脂層 8 3、配線電極 8 4、8 5 及び保護膜 8 6 は、弾性境界波装置 8 1 において、上方に配線回路部分を構成するために設けられている。

【0149】

保護膜 8 6 は、前述した保護膜 7 4 と同様に、エポキシ樹脂などからなり、弾性境界波

装置 81 の上方部分において耐湿性等を高めるために設けられている。

【0150】

本実施形態の弾性境界波装置 81 では、第 2 の媒質層 6 の上面に熱伝導性材料層 82 が設けられているため、放熱効果が高められ、大電力投入時の温度上昇を抑制することができる。従って、弾性境界波装置の耐電力性を高めることができる。

【0151】

加えて、吸音層 7 が設けられているため、第 1 の実施形態の弾性境界波装置と同様に、不要スプリアスを効果的に抑圧することができる。

【0152】

また、熱伝導性材料層 82 を構成する材料としては、上記のように第 1 の媒質層 2 を構成している基板材料よりも熱膨張係数が小さく、熱伝導率が高い適宜の材料を用いることができる。

なお、本発明に係る弾性境界波装置の温度変化による特性の変化量は、単位温度あたりの音速変化量と、単位温度あたりの伝搬方向の基板の長さ変化量により決定される。従って、温度による基板の伸縮を抑制できれば、温度変化による周波数変動を小さくすることができる。そこで、線膨張係数が弾性境界波伝搬基体にある第 1 の媒質層よりも小さい線膨張係数材料層を第 1、第 2 の媒質層間や、第 1 または第 2 の媒質層の表面に配置すればよい。それによって第 1 及び／または第 2 の媒質層の伸縮を抑制し、温度変化による特性変化を小さくすることができる。上記のような低線膨張係数材料層を構成する材料としては、例えば前述したダイヤモンドライクカーボン薄膜などを挙げるすることができる。

【0153】

また、弾性境界波装置の境界面と平行な方向における熱膨張を抑制することにより、熱膨張係数の小さなセラミック基板からなる実装基板に実装された際の熱膨張係数差により生じる応力を軽減することができ、該応力による破壊を抑制することができる。なお、線膨張係数の極性が、第 1、第 2 の媒質層と逆である層を同様に第 1 及び／または第 2 の媒質層表面に形成した場合においても、同様に、熱膨張係数差により生じる応力を破壊することにより、弾性境界波装置の破壊や実装構造の破壊を抑制することができる。

【0154】

すなわち、図 24 に示した熱伝導性材料層 82 の代わりに、上記のように、低線膨張係数材料層や、極性が逆の線膨張係数を有する材料層を配置することにより、実装された際の実装構造の温度変化による破壊を抑制することができる。

【0155】

また、図 24 に示した弾性境界波装置 81 では、上記配線電極 84、85 により配線回路が構成されている。この場合、配線電極 84、85 が構成されている配線回路において、インダクタンス素子、キャパシタンス素子、レジスタンス素子、ストリップライン、あるいはスタブやストリップラインで構成されたマイクロストリップフィルタもしくはミキサなどを構成してもよい。すなわち、このような様々な電極や回路素子部分を上記エポキシ樹脂層 83 の上面に形成し、様々な整合回路などを内蔵した弾性境界波装置 81 を構成することができる。このような回路を内蔵させた場合には、インピーダンス整合回路や変調回路などの外部回路を省略することができる。

【0156】

もっとも、配線電極 84、85 を含む上記回路部分は、エポキシ樹脂層 83 の上面に形成される必要は必ずしもなく、例えば第 2 の媒質層 6 の境界面とは反対側の面、あるいは吸音層 7 の少なくとも片面に形成されていてもよい。すなわち、エポキシ樹脂層 83 及び保護膜 86 を有しない弾性境界波装置においても、図 24 に示した弾性境界波装置 81 の場合と同様に様々な回路を内蔵させることができる。

【0157】

また、弾性境界波装置 81 にワイヤボンディングやバンプボンドを接合した場合、数十～数百 μm の線路が外部に存在することが多い。これらの線路の特性インピーダンスは、弾性境界波装置の入出力インピーダンスと通常ずれている。従って、インピーダンスミス

マッチングによる反射損失などの劣化を生じるおそれがある。従って、弾性境界波装置の内部に、配線電極 84, 85 などを含む回路層を形成した場合には、上述したような長い経路の線路を省略することができ、上記反射損失を低減することができる。特に、1 GHz を超える周波数帯では、経路の短縮により、特性を効果的に改善することができる。

【0158】

なお、前記配線電極や回路素子、外部接続電極は、IDT や反射器と厚さ方向に重ねて配置してもよい。このように配置することで、弾性境界波装置チップの面積を小型化できる。

【0159】

なお、本発明に係る弾性境界波装置では、弾性境界波は第 1, 第 2 の媒質層間の境界を伝搬するため、ケースにパッケージングされずとも、伝搬特性はさほど劣化しない。そのため、短期的で使用目的に用いられる場合には、弾性境界波装置のパッケージングは必ずしも必要ではない。

【0160】

しかしながら、例えば携帯電話機などに組み込まれる用途などのように、長期的に用いられる場合には、弾性境界波装置の外表面に、例えば図 22 に示した保護膜 74 を形成することが望ましい。保護膜 74 は、耐環境特性や耐湿性を高めるために設けられる。従って、保護膜は、IDT や反射器などの腐食に弱い電極、またはスルーホール周辺などのクラックの入りやすい箇所を覆うように配されることが望ましい。保護膜 74 の形成により、吸音層を構成している SiO_2 膜の腐食を抑制したり、腐食性ガスによる電極の腐食を抑制したり、耐湿性を高めたりすることができる。

【0161】

上記保護膜としては、例えば、金属材料層及び合成樹脂層を積層した構造、合成樹脂層、あるいは金属材料層などで構成され得る。一例を挙げると、Au 層、Ni 層、Al 合金層もしくは Au 層、Ni 層 / AlN 層からなる金属材料層を形成し、さらにその表面を合成樹脂で被覆することにより保護膜が形成され得る。

【0162】

また、厚膜形成法により形成された金属材料層上に、合成樹脂層を形成することにより保護膜を構成してもよい。

【0163】

図 25 は、本発明のさらに他の実施形態に係る弾性境界波装置の正面断面図である。弾性境界波装置 90 では、弾性境界波装置チップ 91 の下面に、電極 91a, 91b が設けられている。弾性境界波装置チップ 91 は、これまで説明してきた各弾性表面波装置と同様に構成されており、図 25 では、ハッチングをして略図的に示されている。

【0164】

電極 91a, 91b が、Au からなるバンプ 92a, 92b により、セラミック基板 93 上の電極 93a, 93b に接合されている。バンプ 92a, 92b は、電極 91a, 91b 上に超音波接合により接合されている。上記バンプ 92a, 92b を接合した後に、樹脂からなる保護膜 94 により弾性境界波 91 が被覆されている。このように、保護膜 94 の形成は、弾性境界波装置チップ 91 をセラミック基板 93 上に実装した後に行われてもよい。この場合には、保護膜 94 により、セラミック基板 93 から弾性境界波装置チップに加わる応力の緩和も期待され得る。

【0165】

セラミック基板 93 は、弾性境界波装置チップ 91 よりも固い材料により構成されている。より具体的には、弾性境界波装置チップ 91 を構成している媒質層及び誘電体層を積層した構造よりも固い材料で構成されている。電極 93a, 93b は、下面に設けられた端子 93c, 93d に電氣的に接続されている。ここで、電極 93a は、基板 93 の側面を経て下面に延長され、下面の外部端子 93c に電氣的に接続されている。他方、電極 93b は、スルーホール電極 93e により下面の外部端子 93d に接続されている。このように、基板 93 の下面の外部端子と上面の電極との接続は、スルーホール電極を用いても

よい。

【0166】

本実施形態の弾性境界波装置 90 では、セラミック基板 93 に Au からなるバンプ 92a, 92b を用いて、弾性境界波装置チップ 91 が接合されている。

【0167】

従って、弾性境界波装置 90 は、外部端子 93c, 93d を利用してプリント回路基板などに表面実装され得る。この場合、プリント回路基板が温度変化等により曲がったりしたとしても、該プリント回路基板からの応力がセラミック基板 93 により受け止められ、弾性境界波装置チップ 91 へ該応力が伝わるのが抑制される。従って、弾性境界波装置チップ 91 における周波数特性の劣化が生じ難く、またチップの割れも生じ難い。

【0168】

なお、上記電極 91a, 91b は、例えば、Au、Ni、及び Al などの適宜の金属から構成されることができ、またこれらの金属からなる複数の電極層が積層されたものであってもよい。

【0169】

図 26 は、本発明のさらに他の実施形態に係る弾性境界波装置の正面断面図である。弾性境界波装置 96 では、弾性境界波装置チップ 91 の下面に電極 91a, 91b が設けられている。ここまでは、弾性境界波装置 96 は、弾性境界波装置 90 と同様に構成されている。異なるところは、弾性境界波装置チップ 91 の下面において、電極 91a, 91b 上に、導電ペースト 97a, 97b を介して外部端子 98a, 98b が接合されていること、並びにこの導電ペースト 97a, 97b が設けられている部分において、補強樹脂層 99 が設けられていることにある。

【0170】

導電ペースト 97a, 97b は、樹脂系接着剤中に導電性粉末を添加した構成を有する。従って、硬化後においても、比較的柔らかい。よって、外部端子 98a, 98b 側からプリント回路基板などに実装した場合、プリント回路基板側から伝わる応力が導電ペースト 97a, 97b において緩和される。すなわち、応力緩和層として、導電ペースト 97a, 97b が機能する。そのため、弾性境界波装置チップ 91 における特性の劣化や割れが生じ難い。

【0171】

なお、上記導電ペースト 97a, 97b が比較的柔らかい場合には、好ましくは、図 26 に示されている補強樹脂層 99 を設けることが望ましい。補強樹脂層 99 は、導電ペースト 97a, 97b の硬化後の強度が十分な場合であり、かつ応力緩和機能を有する場合には必ずしも設けられずともよい。補強樹脂層 99 は、例えばエポキシ系接着剤などにより構成され得る。

【0172】

なお、本発明に係る弾性境界波装置では、第 1, 第 2 の媒質層間の境界を弾性境界波は伝搬するものであるため、該境界波はモードがチップ表面に達することがほとんどない。従って、パッケージングに際して空洞の形成は不要である。すなわち、弾性境界波装置や圧電フィルタでは、振動を妨げないための空隙を有するようにパッケージングを構成しなければならなかった。これに対して、本発明に係る弾性境界波装置では、空隙の形成が不要であるため、パッケージングを施した場合であっても、小型化を進めることができる。

【0173】

図 27 (a) ~ (g) は、本発明に係る弾性境界波装置の製造方法の一例を示す正面断面図である。

【0174】

本実施形態では、まず、マザーのウエハー 101 が用意される。ウエハー 101 は、3 ~ 4 インチの LiNbO₃ 基板により構成されており、第 1 の媒質層を構成するために用意されている。

【0175】

ウエハー 101 の上面に、IDT 102、反射器 103、104 及び配線電極 105、106 などを含む電極構造が形成される。電極構造は、フォトリソグラフィ—リフトオフ法などの適宜の方法により形成され得る。

【0176】

図 27 (b) に示すように、第 2 の媒質層 107 が電極構造を覆うように形成される。第 2 の媒質層 107 は、本実施形態では、SiO₂ 薄膜をスパッタリングにより成膜することにより形成されている。

【0177】

しかる後、図 27 (c) に示すように、外部接続部分である配線電極 105、106 を露出するように、第 2 の媒質層 107 がエッチングされる。

【0178】

しかる後、図 27 (d) に示すように、接続電極 108 が配線電極 106 に電氣的に接続されるように形成される。接続電極 108 は、第 2 の媒質層 107 の上面 107a 上に至るように形成されている。

【0179】

しかる後、感光性樹脂をスピンコートすることにより、吸音層 109 が形成される。吸音層 109 の上面に、保護膜として、SiN 膜 110 がスパッタリングにより成膜される。

【0180】

しかる後、図 27 (e) に示すように、フォトリソグラフィ—エッチングにより、配線電極 105 と、配線電極 108 を露出するための開口部 111、112 が形成される。この開口部 111、112 内に、外部端子 113、114 がスクリーン印刷により付与される。外部端子 113、114 は、配線電極 105 及び接続電極 108 に電氣的に接続されている。

【0181】

このようにして、外部端子 113、114 が形成された多数の弾性境界波装置が、図 27 (f) に示すように、マザーのウエハー 101 において多数構成される。そして、図 27 (g) に示すように、マザーのウエハー 101 を分割することにより、多数の弾性境界波装置 115 を得ることができる。

【0182】

本実施形態の製造方法では、上記のようにマザーのウエハー 101 の段階で一括して吸音層 109 が形成される。従って、多数の弾性境界波装置 115 において、吸音層 109 のばらつきを低減することができる。また、吸音層 109 が、感光性樹脂を用いて構成されているので、吸音層 109 のパターンニングを高精度にかつ容易に行うことができる。さらに、保護膜として、SiN 膜 110 の形成により、耐湿性に優れた弾性境界波装置を提供することができる。

【0183】

図 28 (a) ~ (f) は、本発明の弾性境界波装置の製造方法の他の実施形態を説明するための各正面断面図である。

【0184】

本実施形態では、第 2 の媒質層 107 の形成工程が異なることを除いては、図 27 に示した製造方法と同様である。すなわち、図 28 (a) に示すように、ウエハー 101 上に図 27 (a) と同様の電極構造を形成する。しかる後、ウエハー 101 上において、スパッタ粒子をマスクしながら外部端子が形成される部分を除いて上記電極構造を覆うように第 2 の媒質層 107 を構成する薄膜をスパッタリング法により形成する。このようにして、開口部 111、112 (図 27 (e)) に相当する開口部が設けられるようにパターンニングされた第 2 の媒質層 107 が形成される。

【0185】

以下、図 28 (c) ~ (e) に示す各工程は、図 27 (d) ~ (g) に示す工程と同様にして行われる。

【0186】

本実施形態では、第2の媒質層107がエッチングにより除去されにくい材料で構成されていた場合であっても、上記のように第2の媒質層107を外部端子が設けられている開口部を有するように高精度に形成することができる。

【0187】

図29(a)～(h)は、本発明の弾性境界波装置の製造方法のさらに他の実施形態を説明するための正面断面図である。

【0188】

本実施形態では、マザーのウエハー101上に、第4の媒質層121が形成される(図29(a))。次に、上記第4の媒質層121をパターニングする。図29(b)に示されているように、パターニングされた第4の媒質層121Aでは、後述の電極構造が形成される部分が開口部とされている。

【0189】

しかる後、図29(c)に示すように、上記開口部に開口部の深さと同じか、開口部の深さよりも僅かに薄い厚みとなるように電極構造をフォトリソグラフィ法により形成する。この電極構造では、IDT102、反射器103、104及び配線電極105、106などが形成される。

【0190】

しかる後、図29(c)に示す第2の媒質層107が形成される。本実施形態では、第2の媒質層は第4の媒質層と同じ材料であるが、別の材料でもよい。

【0191】

次に、図29(d)に示すように、第2の媒質層107上に、第3の媒質層122が形成される。そして、図29(e)に示すように、第3の媒質層122上に吸音層123が成膜される。

【0192】

第3の媒質層122は、Si単結晶からなる基板により構成されており、該基板を第2の媒質層107に貼り合わせることににより、図29(d)に示す構造が得られている。

【0193】

次に、感光性樹脂からなる吸音層123をフォトリソグラフィ法によりエッチングし、図29(f)に示されている開口部124、125を形成する。開口部124、125は、配線電極105、106を露出するように設けられる。そして、この開口部124、125に、外部接続端子126、127が設けられる。しかる後、図29(g)に示すように、上記弾性境界波装置が多数形成されたマザーのウエハー101を分割し、図29(h)に示すように、多数の弾性境界波装置を得ることができる。

【0194】

図30(a)～(f)は、本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の製造方法を説明するための断面図である。

【0195】

本実施形態では、図27(a)～(c)に示す工程と同様の工程を、図30(a)～(c)に示すように実施する。このようにして、マザーのウエハー101上において、複数の弾性境界波装置のIDT102、反射器103、104及び配線電極105、106が形成され、かつ第2の媒質層107がパターニングされた状態で形成される。

【0196】

本実施形態では、図30(d)に示すように、上記第2の媒質層107のパターニングが完了した段階で、図30(d)に示すように、マザーのウエハー101を個々の弾性境界波装置単位にダイシングにより分割する。しかる後、図30(f)に示す弾性境界波装置131を得るために、個々の弾性境界波チップ段階で外部接続端子132、133及び吸音層134が設けられる。ここで、吸音層134は、本実施形態では、第2の媒質層における横波の音速より、横波の音速が低速となるように組成を調整したエポキシ樹脂により個々の弾性境界波装置を外部接続端子132、133の露出部分を除くように被覆する

ことにより形成される。すなわち、樹脂モールド法により吸音層 134 が設けられている。

【0197】

このように、吸音層を形成する工程は、マザーのウエハーを個々の弾性境界波装置単位に分割した後に行われてもよい。また、吸音層は、外部接続端子を除く部分をモールドするように形成されてもよく、それによって、弾性境界波装置の耐環境特性をより一層高めることができる。

【0198】

図 31 は、本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の変形例を説明するための正面断面図である。

【0199】

図 31 に示す弾性境界波装置では、第 1 の媒質層 2 の下面に第 2 の吸音層 151 が設けられている。その他の構造は、図 1 に示した弾性境界波装置 1 と同様である。このように、吸音層は、第 2 の媒質層の境界面とは反対側の面だけでなく、第 1 の媒質層の境界面と反対側の面にも設けられてもよい。

【0200】

さらに、吸音層は、第 2 の媒質層の表面ではなく、第 1 の媒質層の表面にのみ設けられてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0201】

【図 1】 (a) 及び (b) は、本発明の一実施形態に係る弾性境界波装置の正面断面図及び模式的斜視図。

【図 2】 $\text{SiO}_2/\text{Au}/\text{LiNbO}_3$ 構造において、 Au の厚みを 0.05λ 、 SiO_2 膜の厚みを 1.5λ とした時のメインモードである弾性境界波の変位分布を示す図。

【図 3】 (a) 及び (b) は、図 2 と同じ条件における各スプリアスモードの変位分布を示す図。

【図 4】 (a) 及び (b) は、図 2 と同じ条件における各スプリアスモードの変位分布を示す図。

【図 5】 (a) 及び (b) は、図 2 と同じ条件における各スプリアスモードの変位分布を示す図。

【図 6】 (a) 及び (b) は、図 2 と同じ条件における各スプリアスモードの変位分布を示す図。

【図 7】 図 2 に示した場合と同一条件におけるその他のスプリアスモードの変位分布を示す図。

【図 8】 図 1 に示した弾性境界波装置のインピーダンス－周波数特性及び位相－周波数特性を示す図。

【図 9】 (a) 及び (b) は、吸音層の密度 ρ が変化した場合の SH 型境界波、ストンリー波及び様々なスプリアスモードの音速の変化及び減衰定数の変化を示す各図。

【図 10】 (a) 及び (b) は、吸音層の横波音速 V_s が変化した場合の SH 型境界波、ストンリー波及び様々なスプリアスモードの音速の変化及び減衰定数の変化を示す各図。

【図 11】 (a) 及び (b) は、吸音層の音響特性インピーダンス Z_s を固定した条件で吸音層の横波音速 V_s を変化した場合の SH 型の弾性境界波、ストンリー波及び様々なスプリアスモードの音速の変化及び減衰定数の変化を示す各図。

【図 12】 (a) 及び (b) は、吸音層の横波音速を固定した条件で、吸音層の音響特性インピーダンス Z_s が変化した場合の SH 型境界波、ストンリー波及び様々なスプリアスモードの音速の変化及び減衰定数の変化を示す各図。

【図 13】 SiO_2 膜の膜厚を変化させた場合の横波音速の比と、スプリアスモードのインピーダンス比との関係を示す図。

【図14】 SiO_2 膜の膜厚を変化させた場合の音響インピーダンスの比と、スプリアスモードのインピーダンス比との関係を示す図。

【図15】本実施形態の弾性境界波共振子のインピーダンス及び位相一周波数特性を示す図。

【図16】本発明の実施形態に係る弾性境界波フィルタの減衰量一周波数特性を示す図。

【図17】本発明に係る弾性境界波装置の変形例を示す部分切欠正面断面図。

【図18】本発明に係る弾性境界波装置の他の変形例を示す部分切欠正面断面図。

【図19】本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の変形例を示す部分切欠正面断面図。

【図20】本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の変形例を示す部分切欠正面断面図。

【図21】本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の実施形態を説明するための部分切欠正面断面図。

【図22】本発明に係る弾性境界波装置の他の実施形態を説明するための部分切欠正面断面図。

【図23】図22に示した弾性境界波装置の要部を示す斜視図。

【図24】本発明の弾性境界波装置のさらに別の実施形態を示す正面断面図。

【図25】本発明の弾性境界波装置のさらに別の実施形態を示す正面断面図。

【図26】本発明の弾性境界波装置のさらに別の実施形態を示す正面断面図。

【図27】(a)～(g)は、本発明の弾性境界波装置の製造方法の一例を説明するための正面断面図。

【図28】(a)～(f)は、本発明の弾性境界波装置の製造方法の他の例を説明するための各正面断面図。

【図29】(a)～(h)は、本発明の弾性境界波装置の製造方法のさらに他の例を説明するための正面断面図。

【図30】(a)～(f)は、本発明の弾性境界波装置の製造方法のさらに別の例を説明するための各正面断面図。

【図31】本発明に係る弾性境界波装置のさらに他の実施形態を説明するための部分切欠正面断面図。

【図32】従来の弾性境界波装置を説明するための正面断面図。

【図33】従来の弾性境界波装置として形成した1ポート型弾性境界波共振子の電極構造を模式的平面図。

【図34】従来の弾性境界波装置のインピーダンス一周波数特性上に現れるスプリアスモードを説明するための図。

【図35】従来の弾性境界波装置を複数用いて構成されたラダー型回路の回路図。

【図36】従来の弾性境界波素子を複数用いて構成されたラダー型フィルタの減衰量一周波数特性を示す図。

【符号の説明】

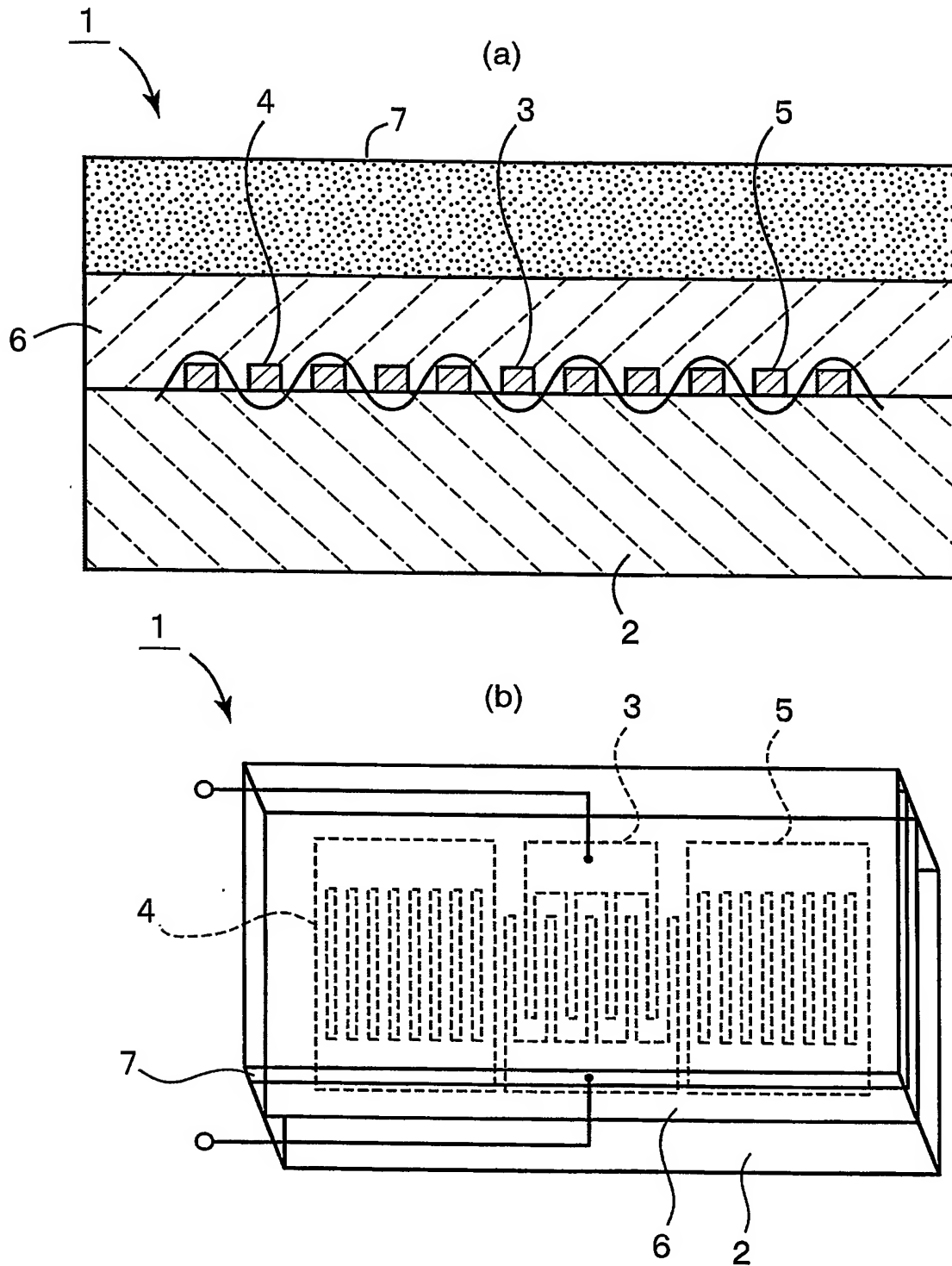
【0202】

- 1…弾性境界波装置
- 2…第2の媒質層
- 3…IDT
- 4, 5…反射器
- 6…第2の媒質層
- 7…吸音層
- 7a…第1の吸音材料層
- 7b…第2の吸音材料層
- 21…弾性境界波装置
- 22…第1の媒質層

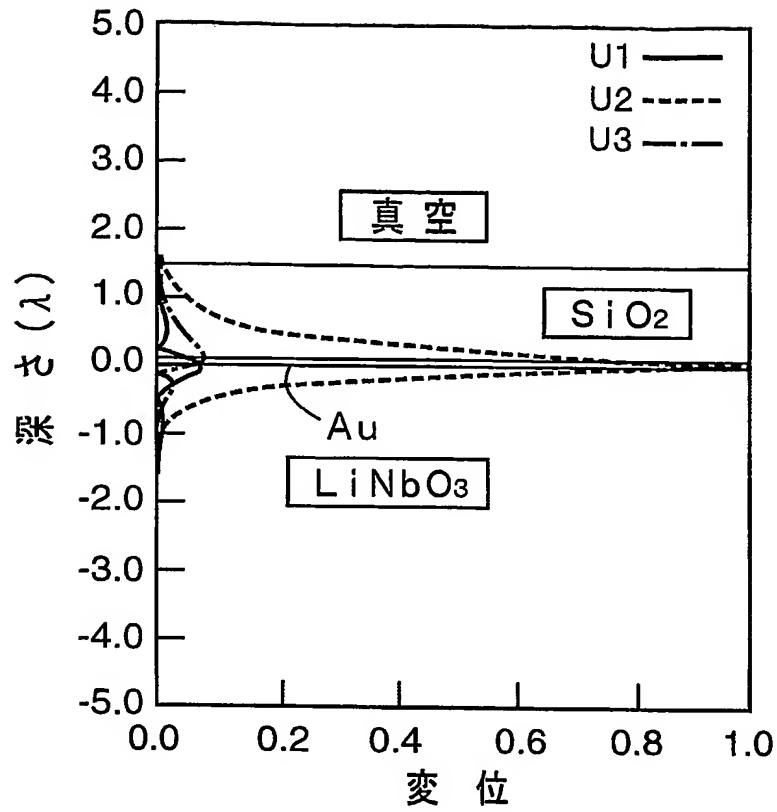
2 3 … I D T
2 6 … 第 2 の媒質層
2 6 a, 2 6 b … 媒質材料層
3 1 … 弾性境界波装置
4 1, 4 2 … 導体層
5 1 … 弾性境界波装置
5 2 … 配線電極
5 3, 5 4 … スルーホール電極
5 5 … 配線電極
6 1 … 弾性境界波装置
6 3 … I D T
6 6 … 第 2 の媒質層
6 7 … 接続電極
6 8 … 第 3 の媒質層
6 9 … 配線電極
7 1 … 配線電極
7 2 … 配線電極
7 3 … 外部接続電極
7 4 … 保護膜
8 1 … 弾性境界波装置
8 2 … 熱伝導性材料層
8 3 … エポキシ樹脂層
8 4, 8 5 … 配線電極
8 6 … 保護膜
9 0 … 弾性境界波装置
9 1 … 弾性境界波装置チップ
9 1 a, 9 1 b … 電極
9 2 a, 9 2 b … バンプ
9 3 … セラミック基板
9 3 a, 9 3 b … 電極
9 4 … 保護膜
9 6 … 弾性境界波装置
9 7 a, 9 7 b … 導電ペースト
9 8 a, 9 8 b … 外部端子
9 9 … 補強樹脂層
1 0 1 … ウエハー
1 0 2 … I D T
1 0 3, 1 0 4 … 反射器
1 0 5, 1 0 6 … 配線電極
1 0 7 … 第 2 の媒質層
1 0 7 a … 上面
1 0 8 … 配線電極
1 0 9 … 吸音層
1 1 0 … S i N 膜
1 1 1, 1 1 2 … 開口部
1 1 3, 1 1 4 … 外部端子
1 2 1 … 第 4 の媒質層
1 2 1 A … パターニングされた感光性樹脂薄膜
1 2 3 … 吸音層
1 2 4, 1 2 5 … 開口部

1 2 6, 1 2 7...外部接続端子
1 3 2, 1 3 3...外部接続端子
1 3 4...吸音層

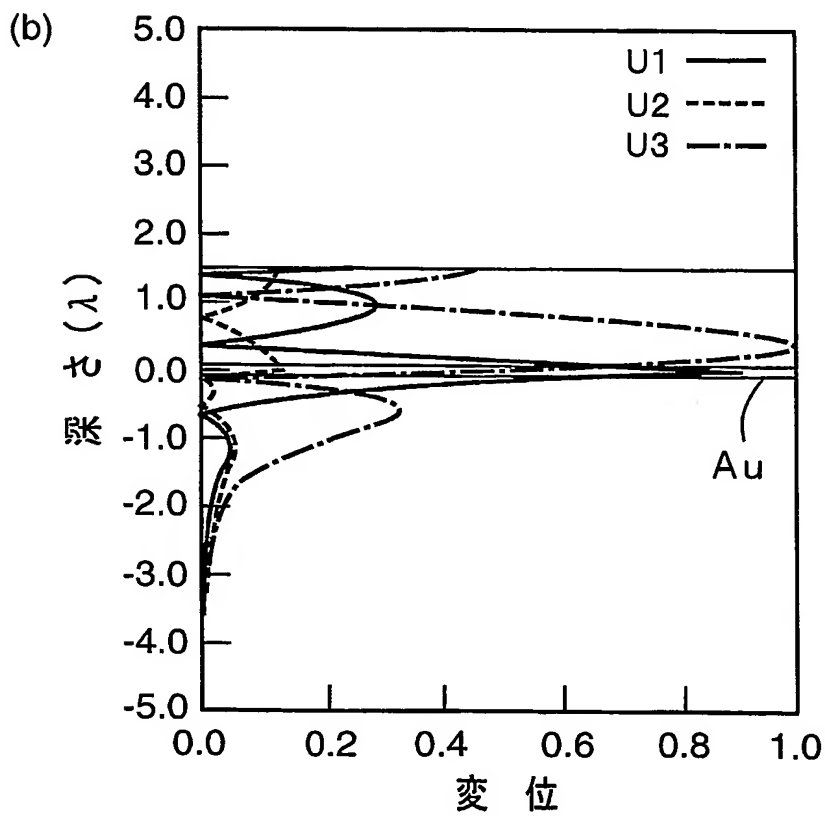
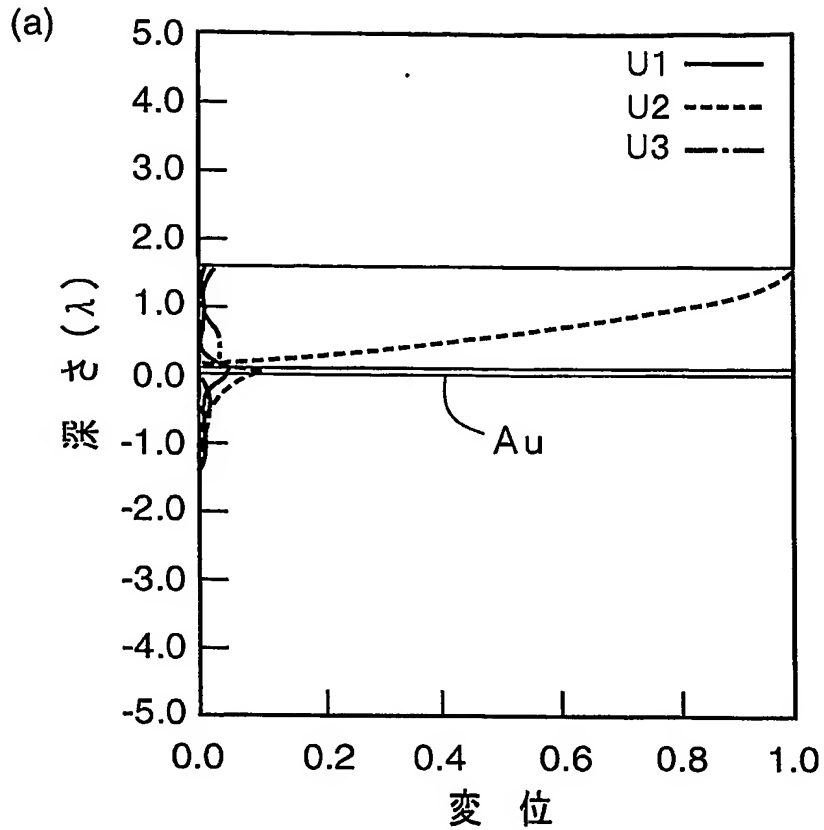
【書類名】 図面
【図 1】



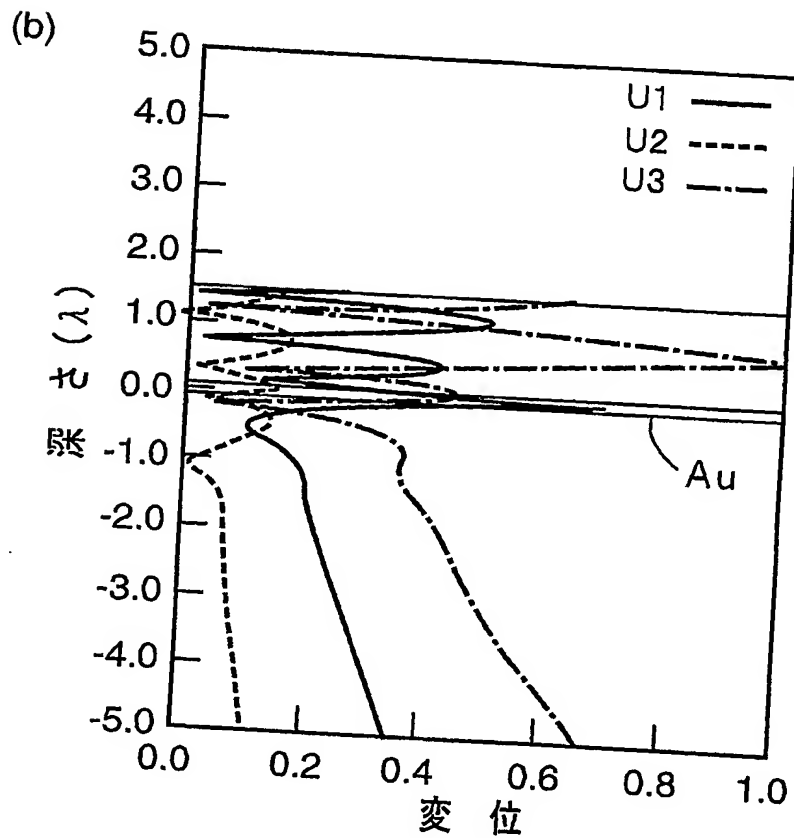
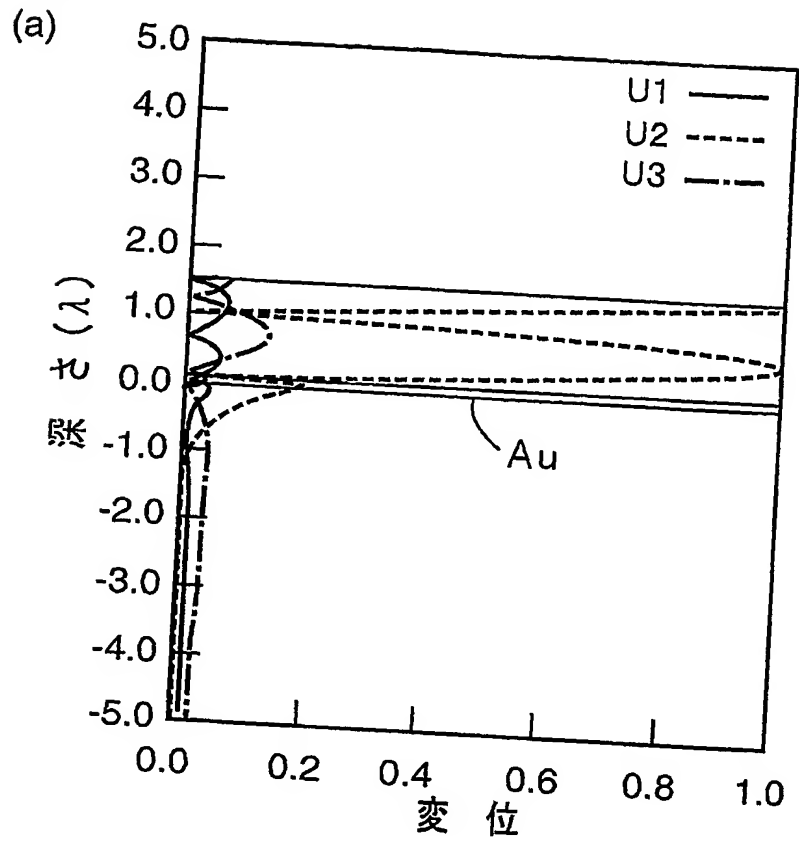
【図 2】



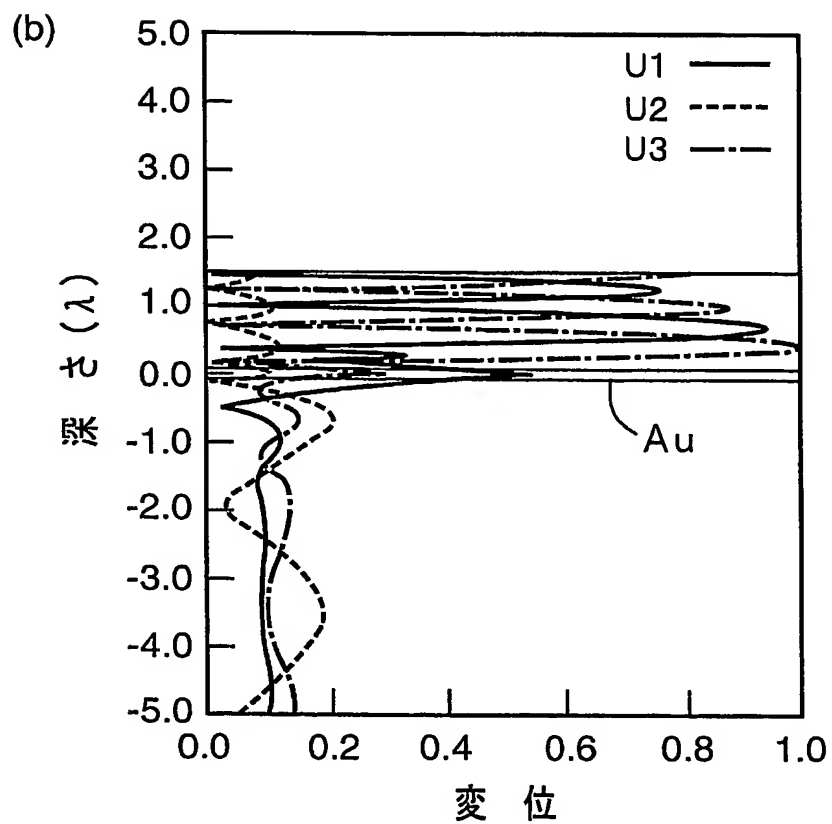
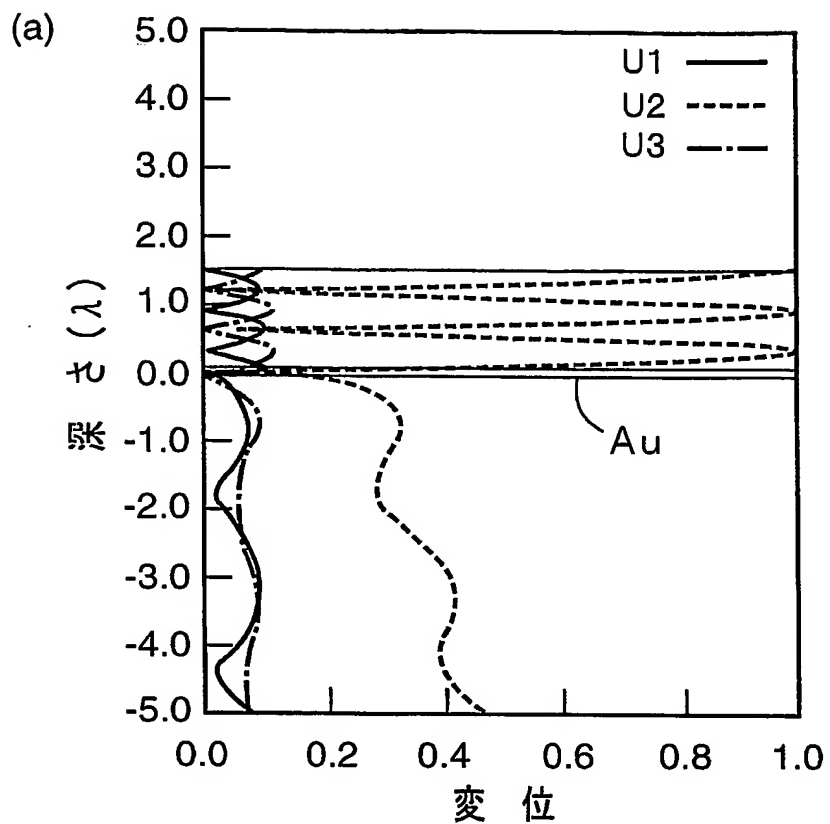
【図 3】



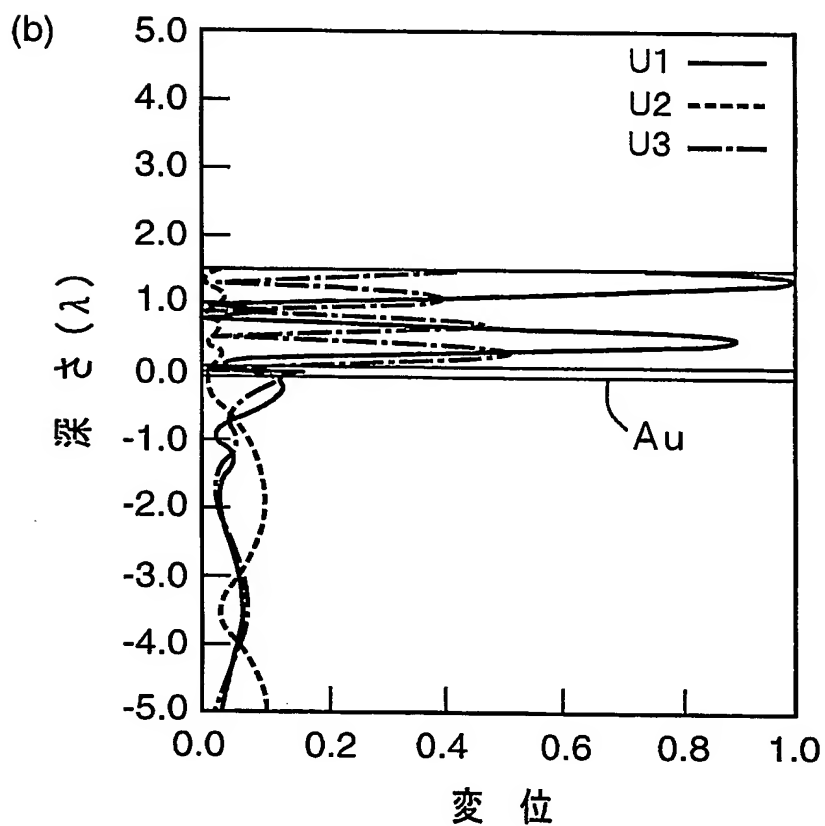
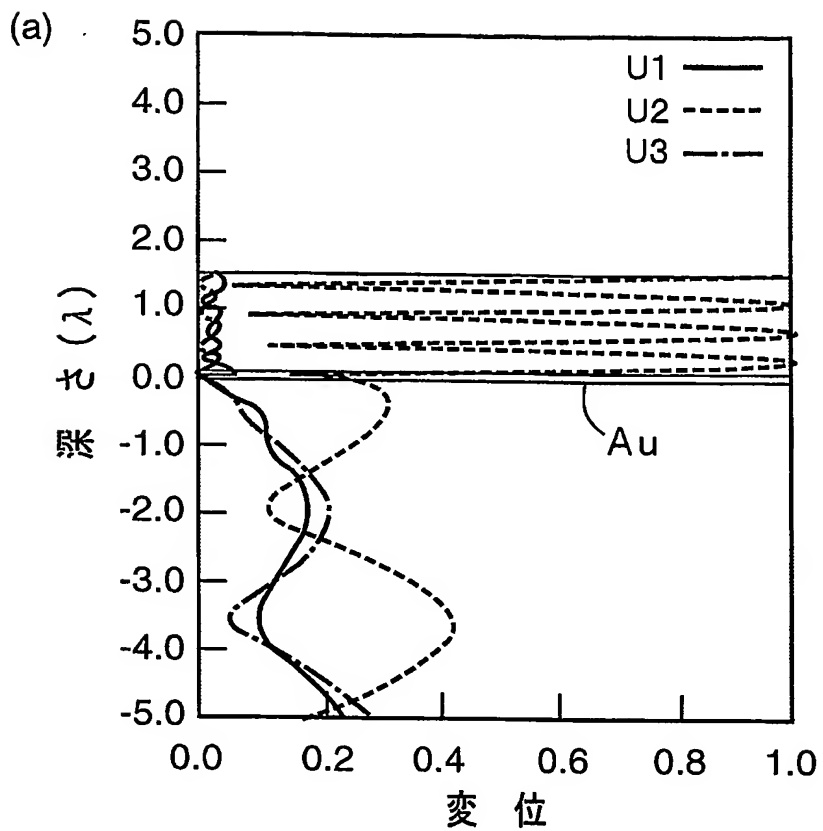
【図 4】



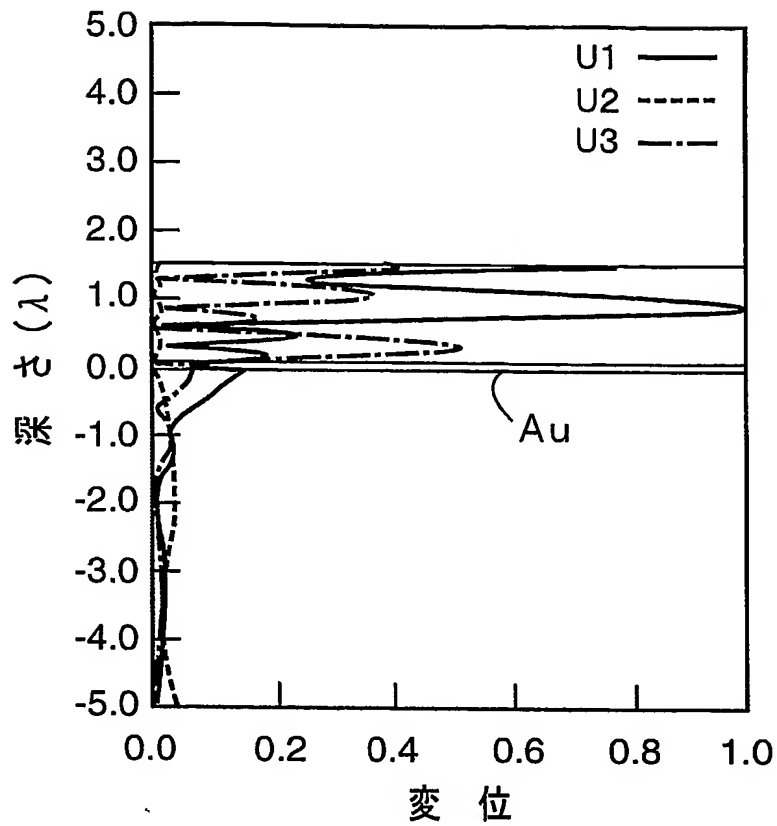
【図5】



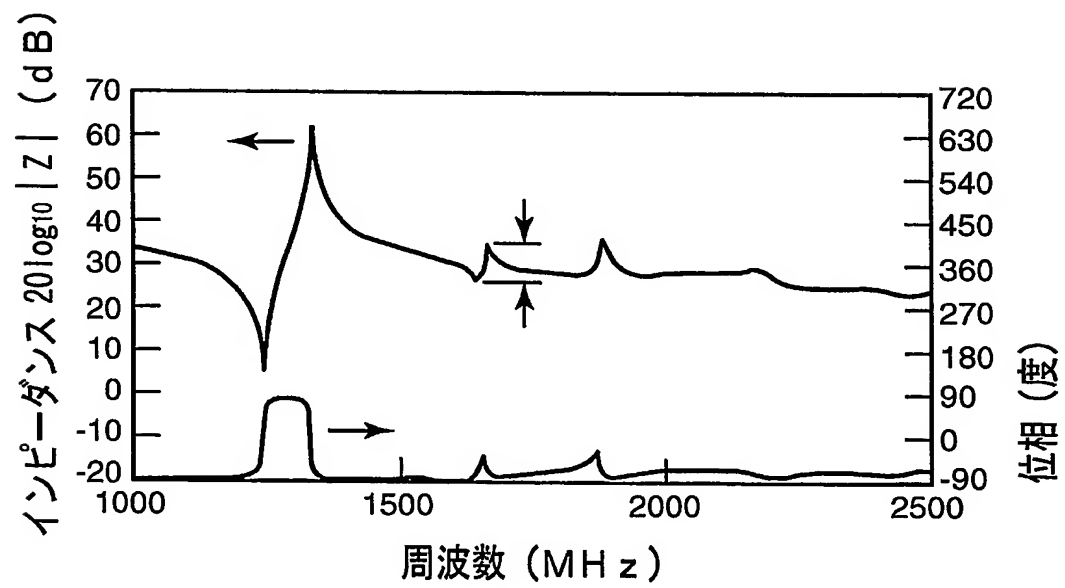
【図6】



【図 7】

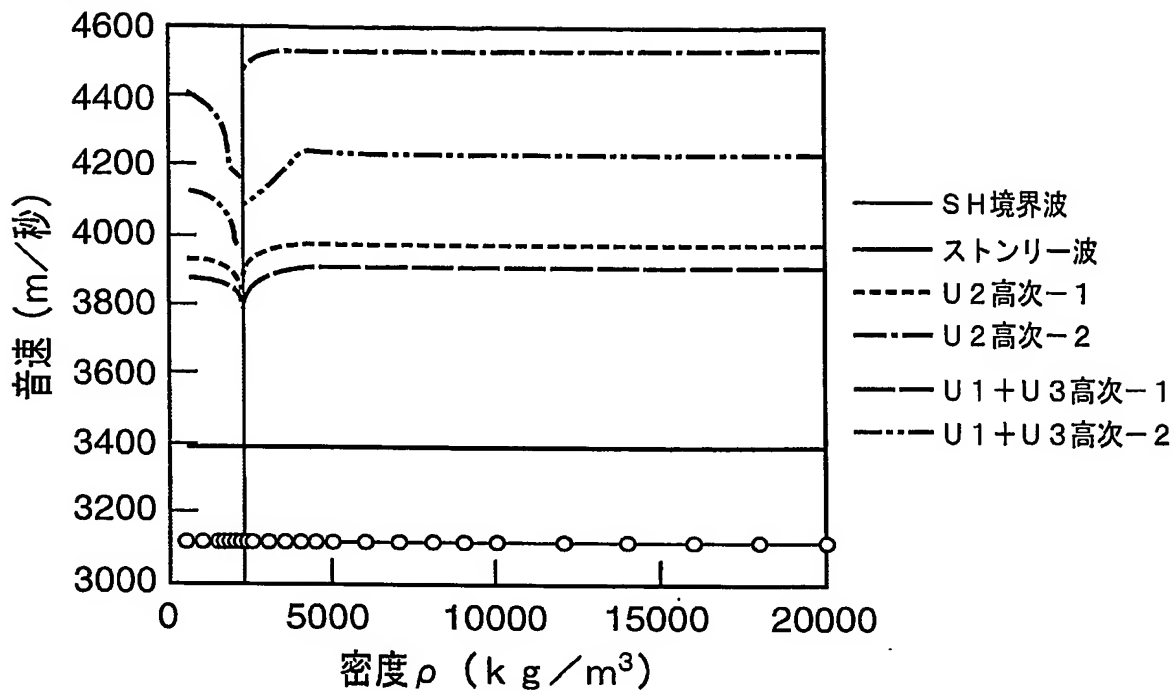


【図 8】

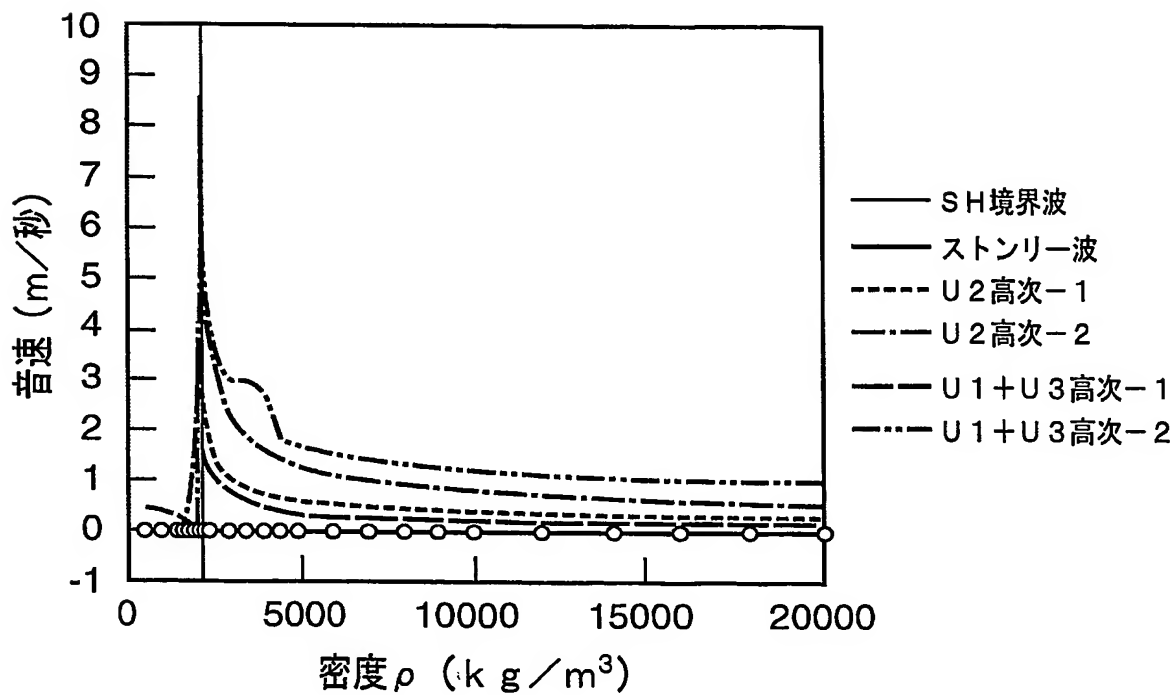


【図 9】

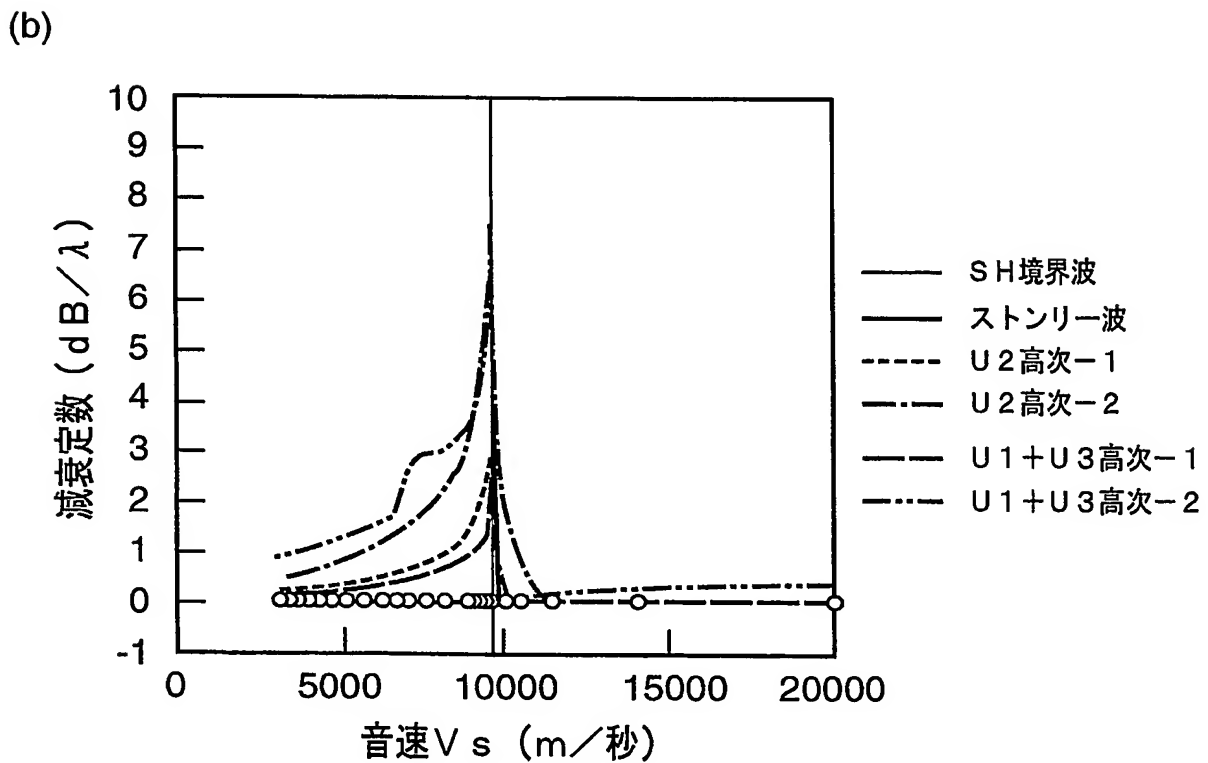
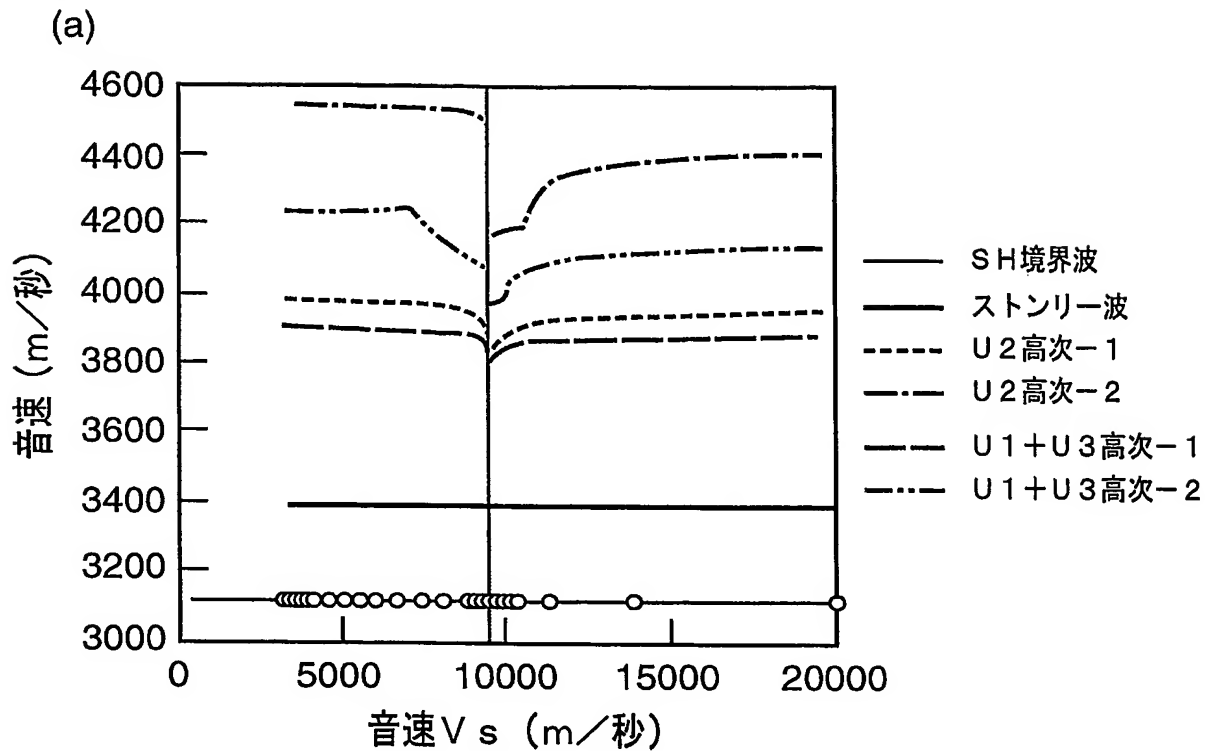
(a)



(b)

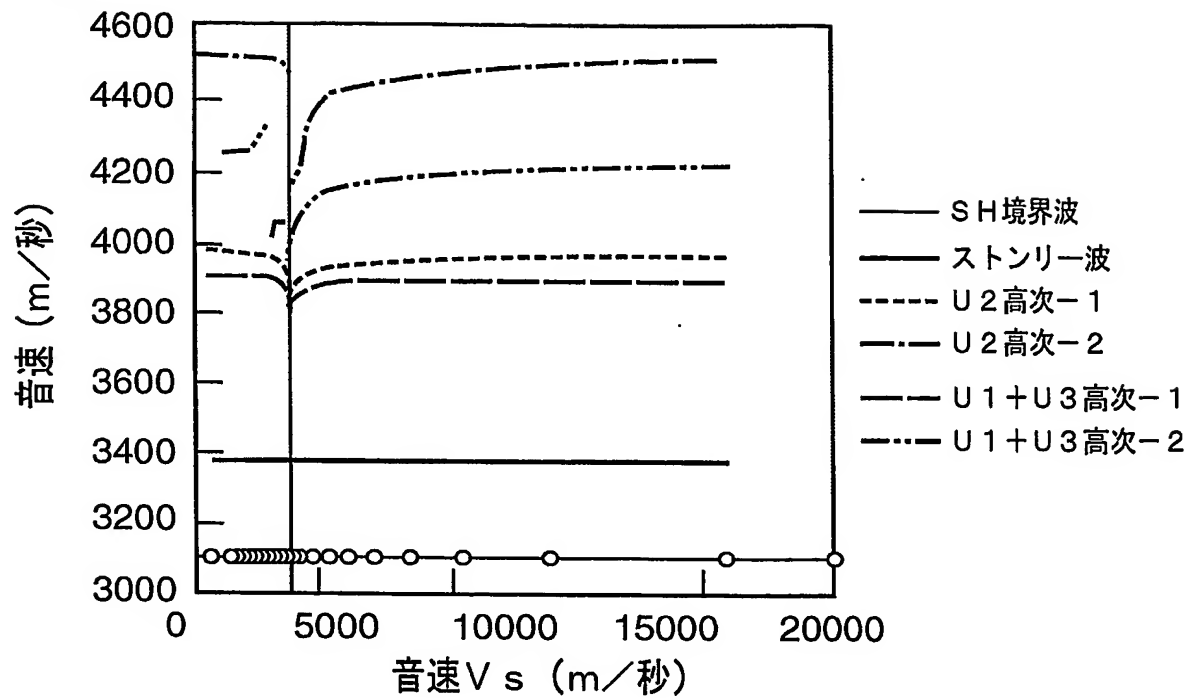


【図10】

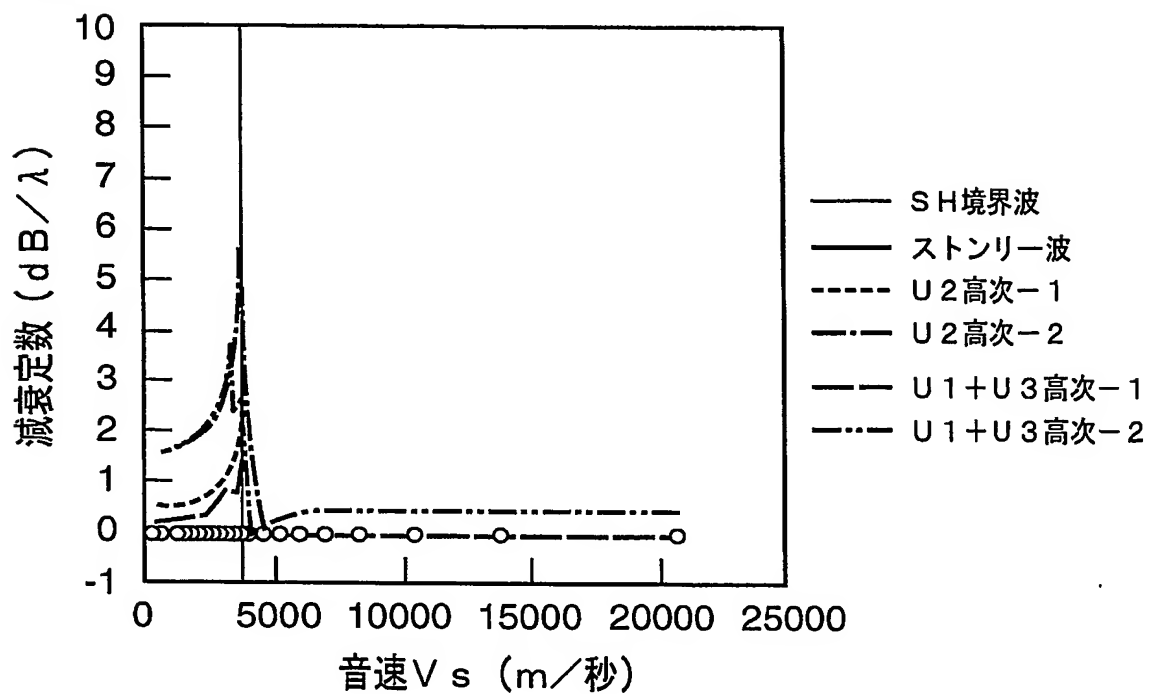


【図 11】

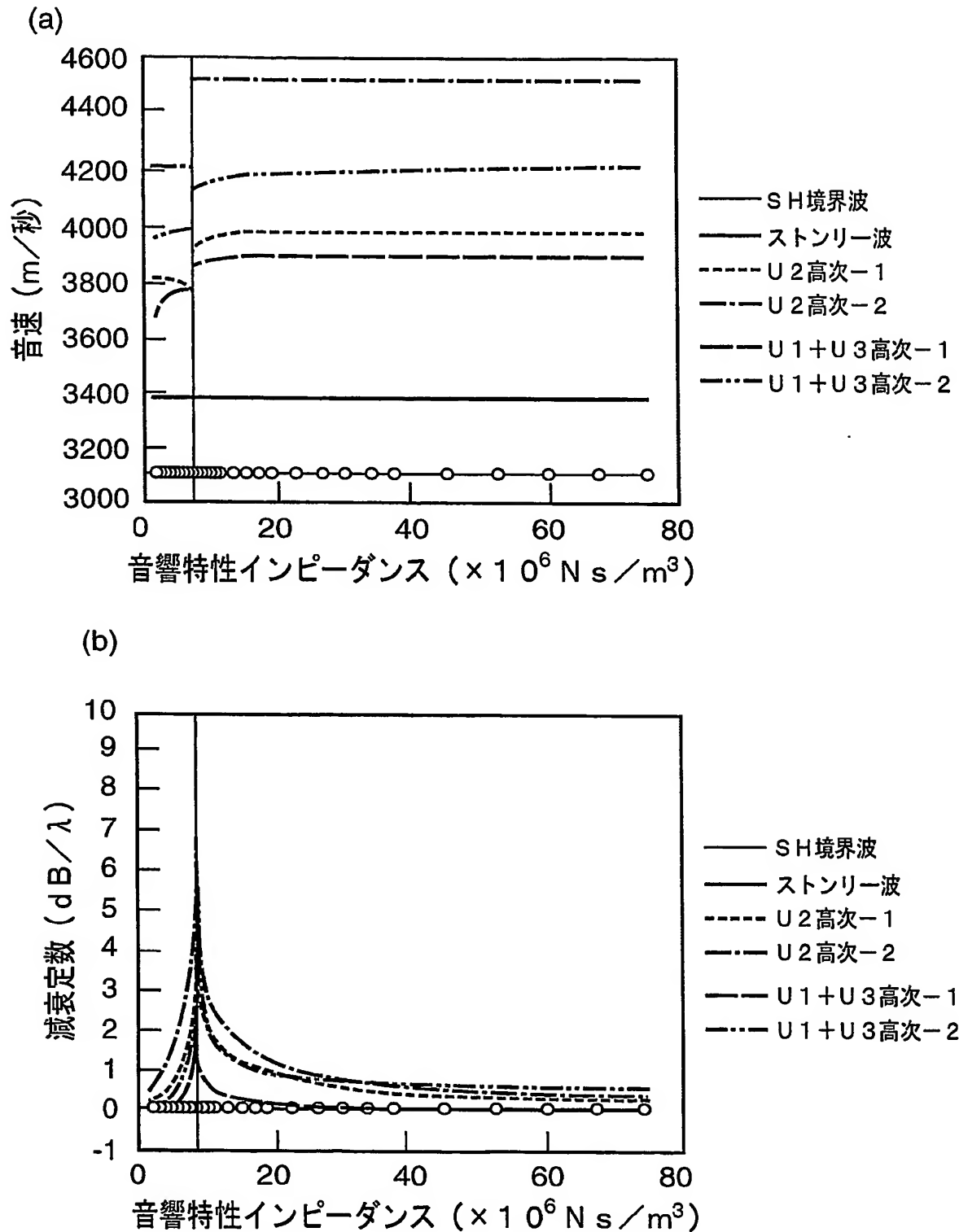
(a)



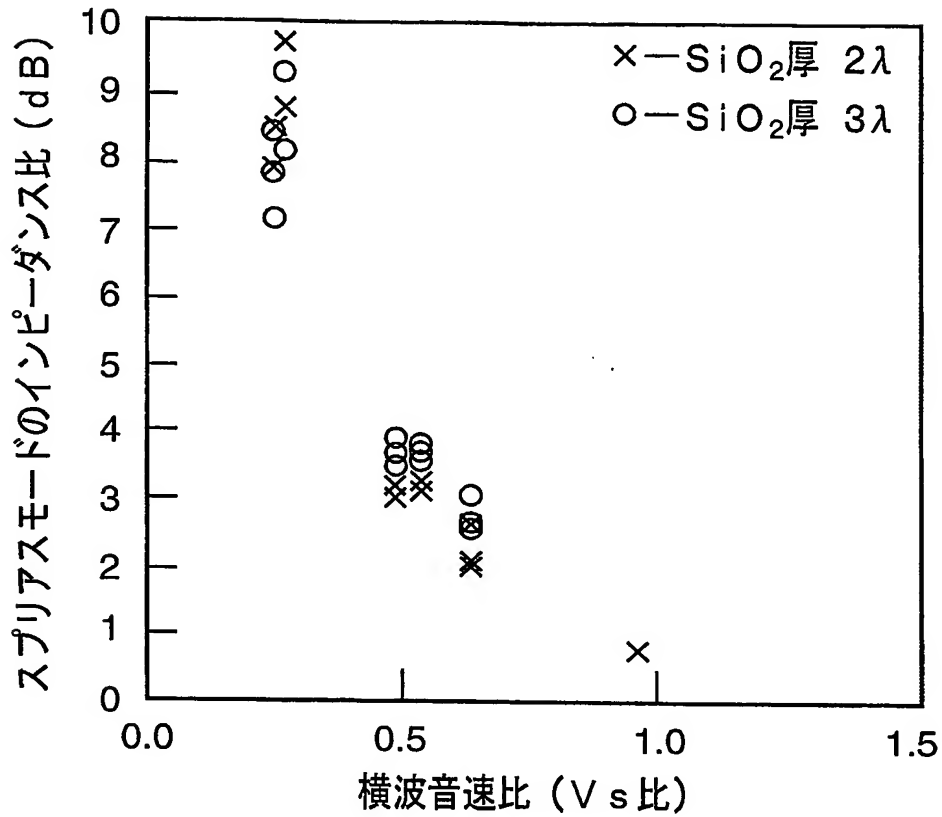
(b)



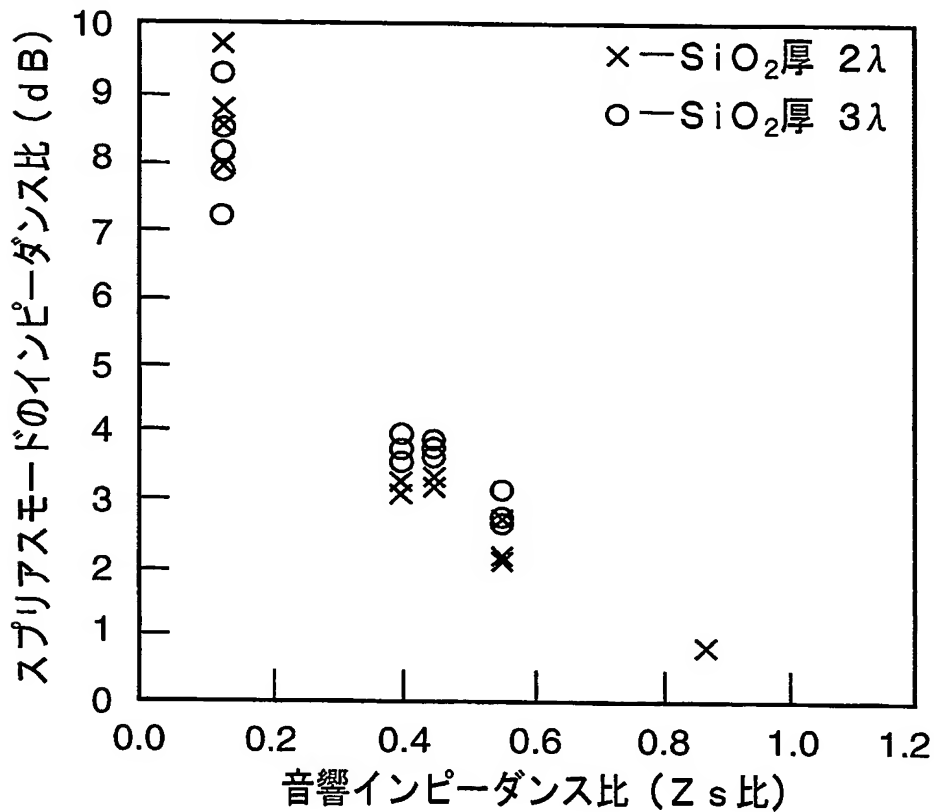
【図 12】



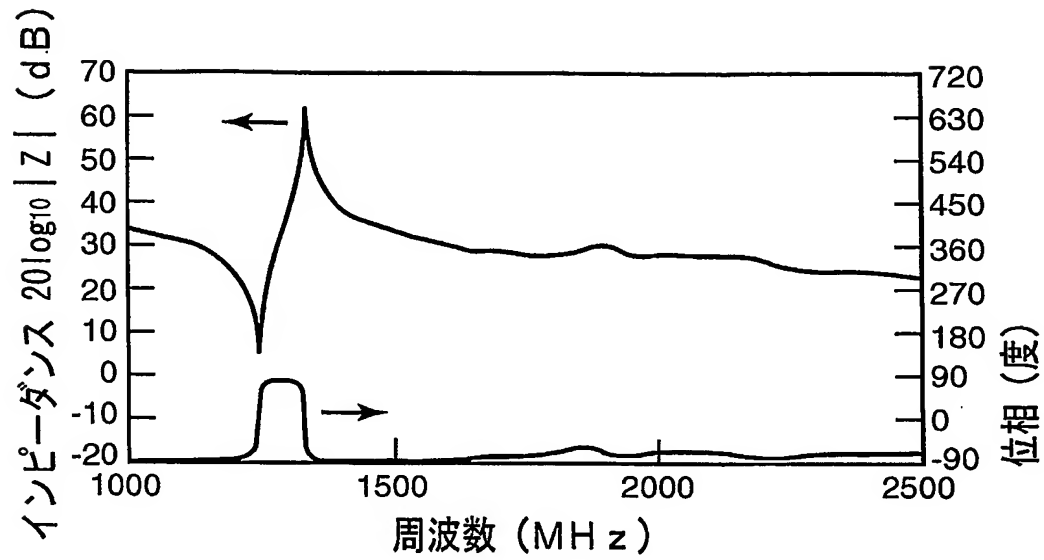
【図 13】



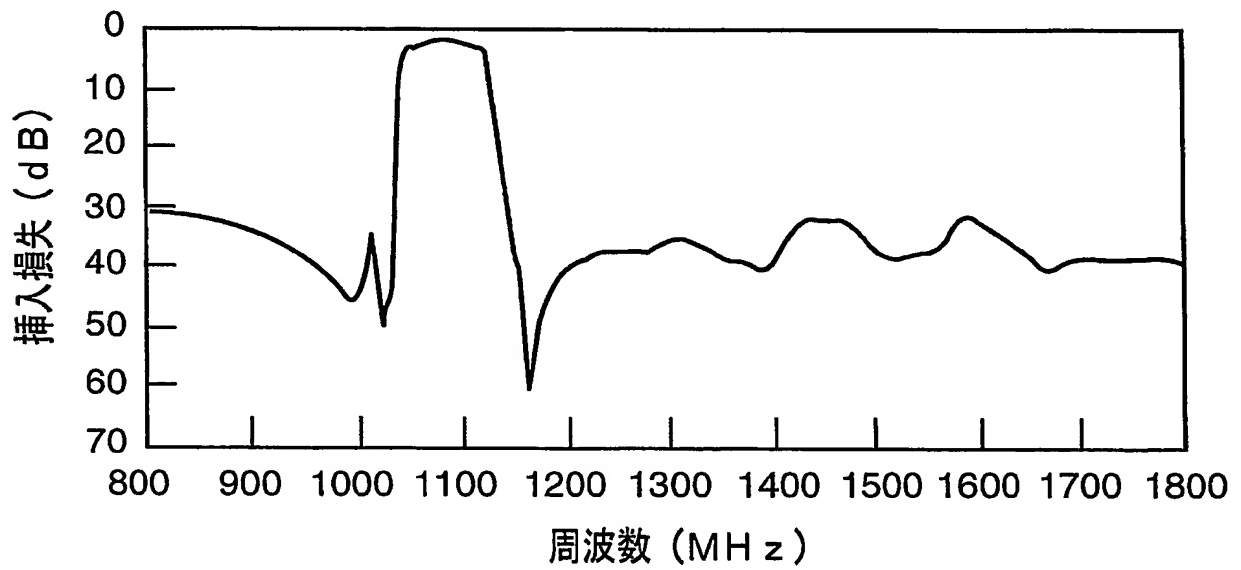
【図 14】



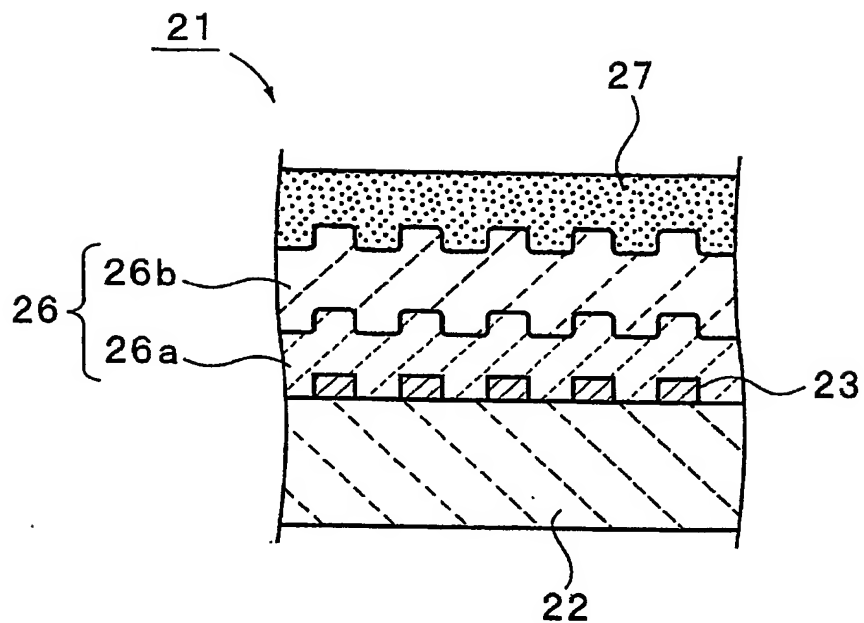
【図 15】



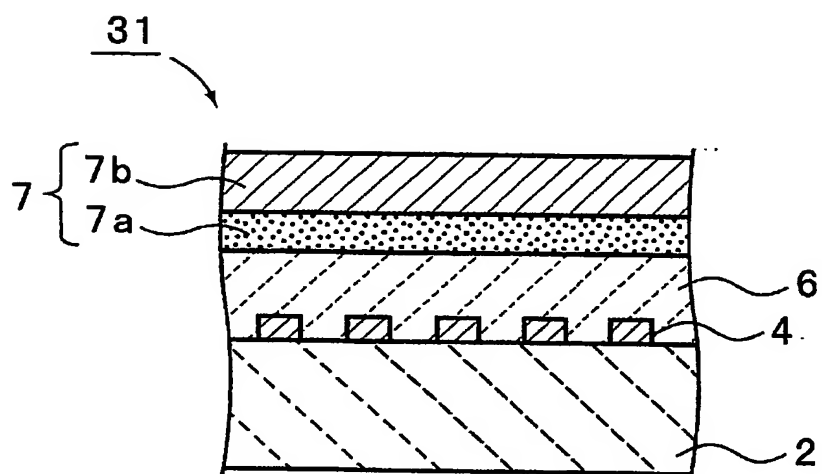
【図 16】



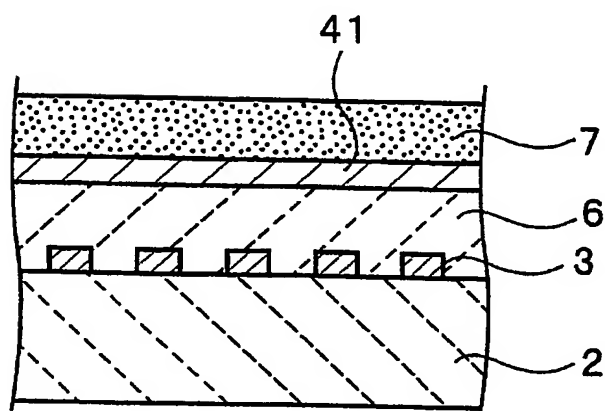
【図 17】



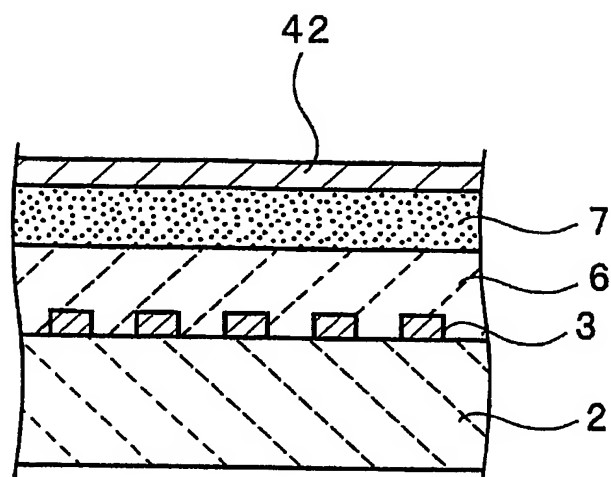
【図 18】



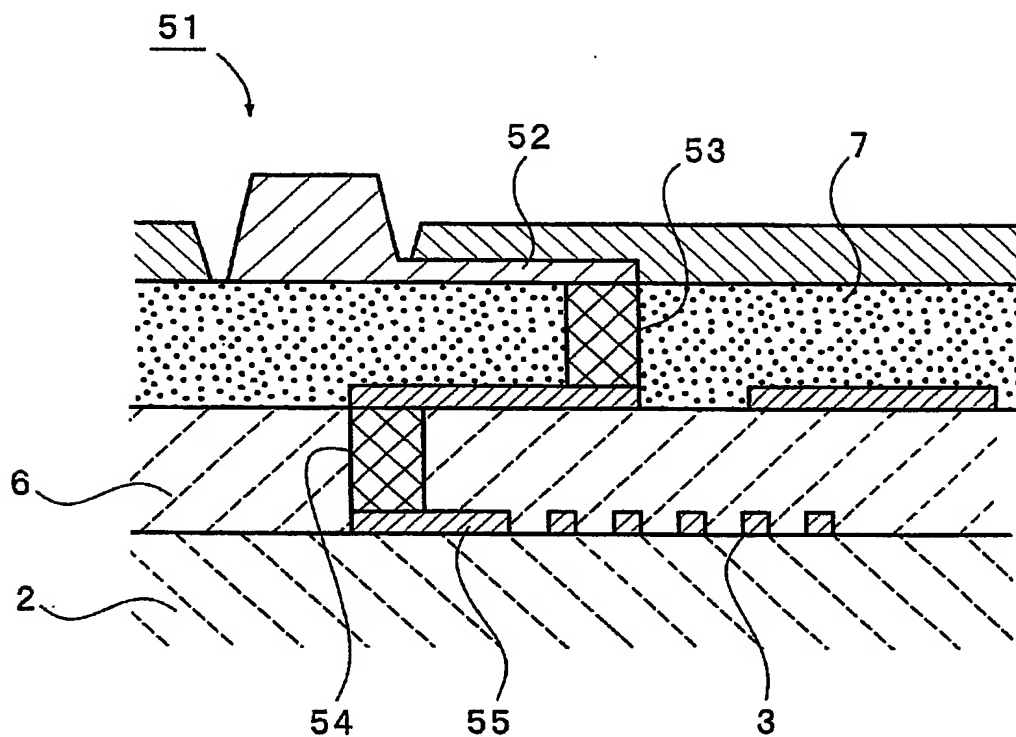
【図 19】



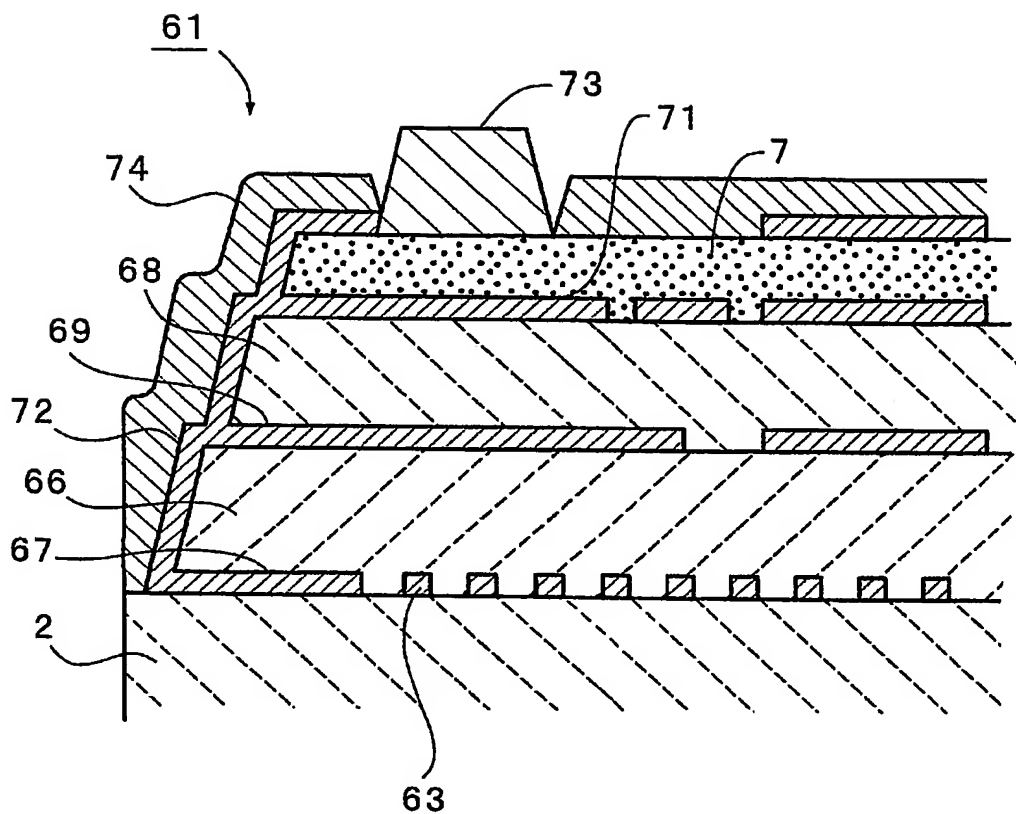
【図 20】



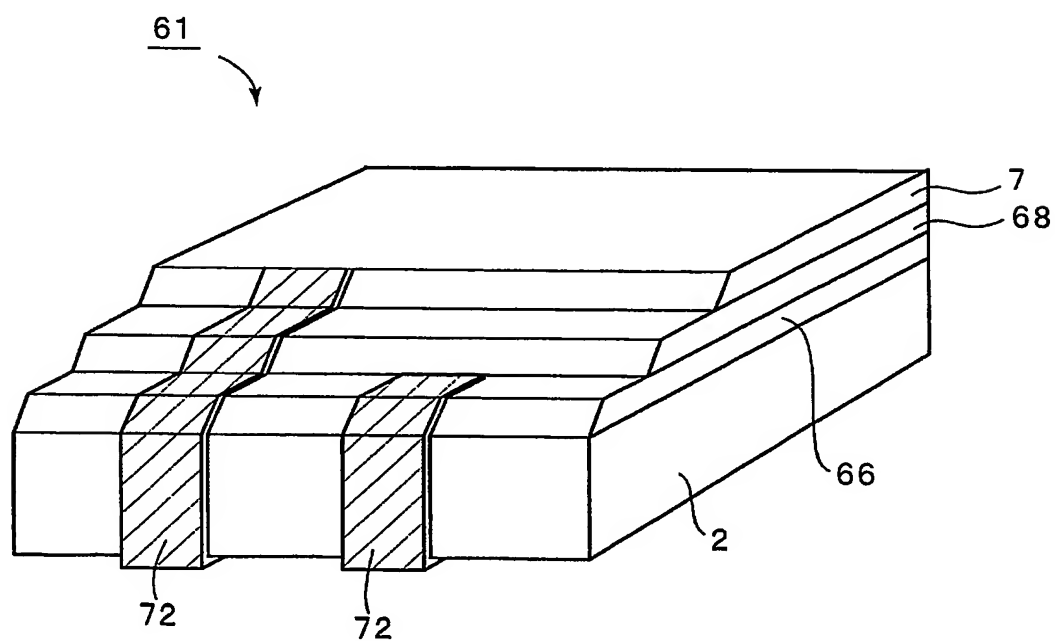
【図 21】



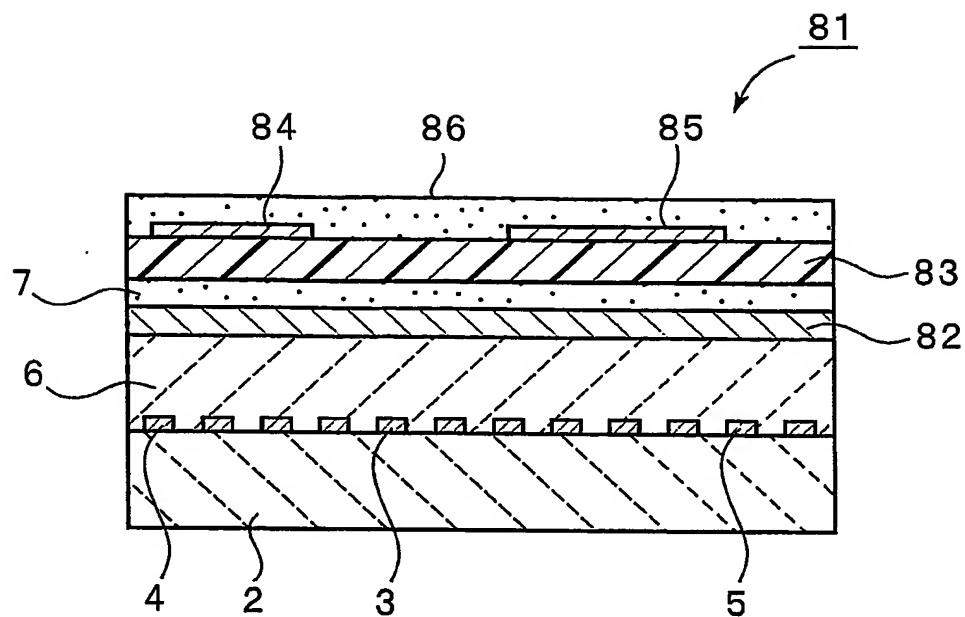
【図 22】



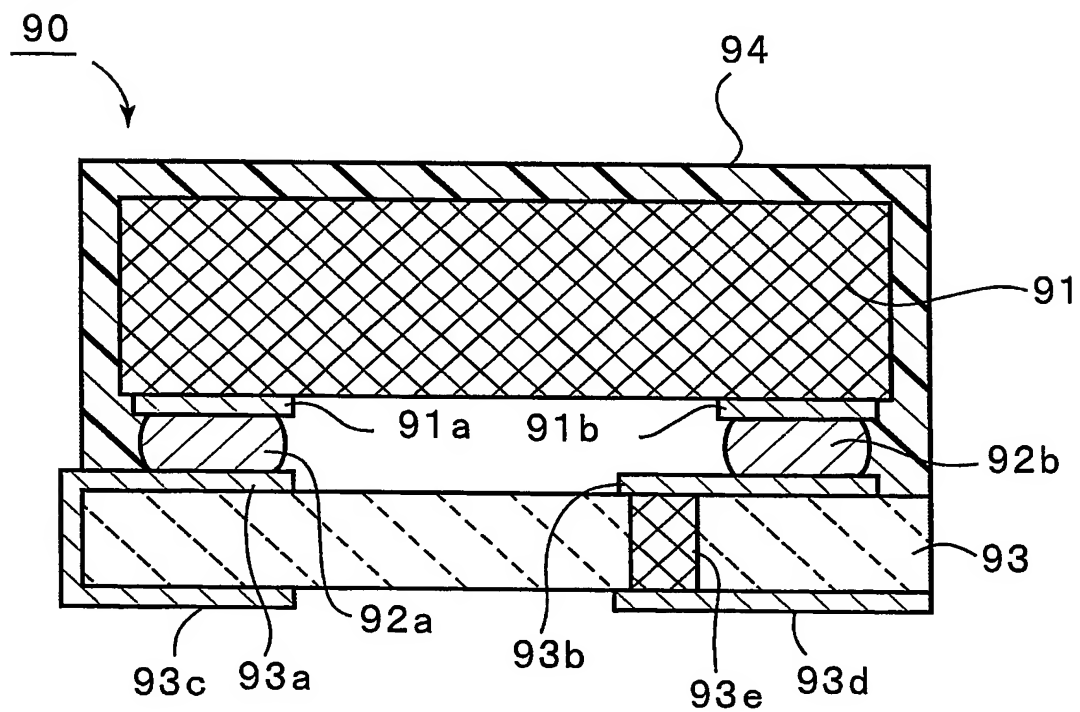
【図 23】



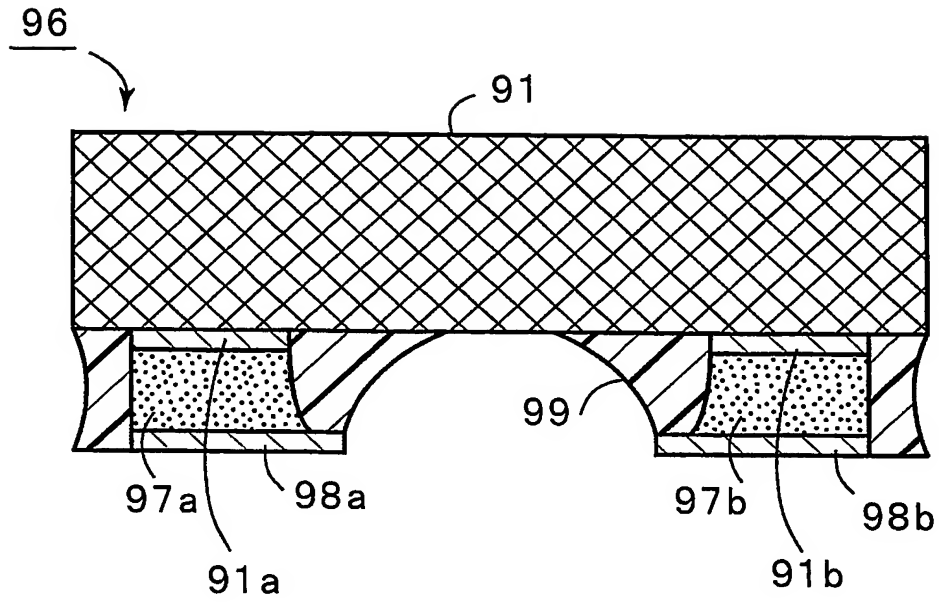
【図24】



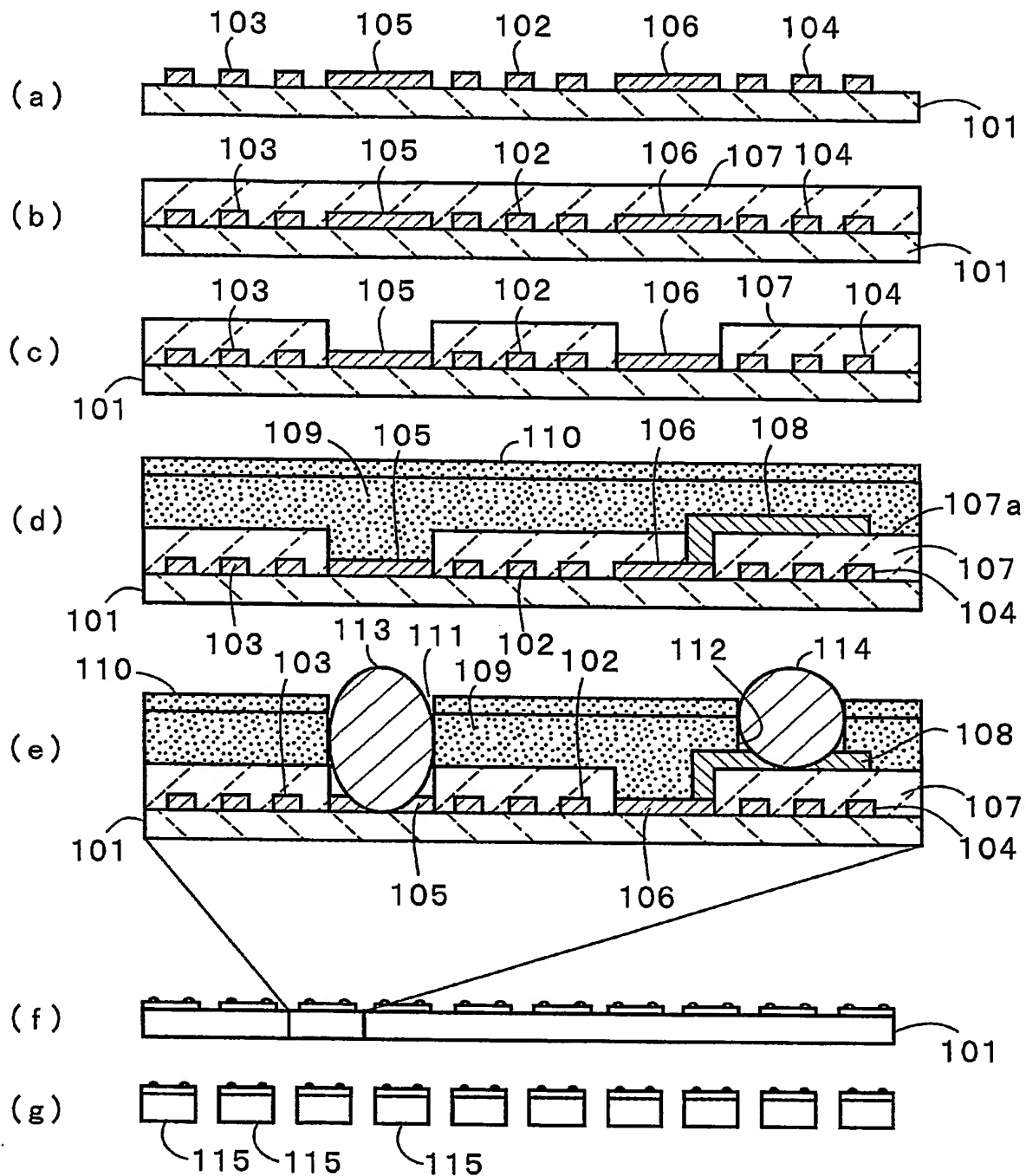
【図25】



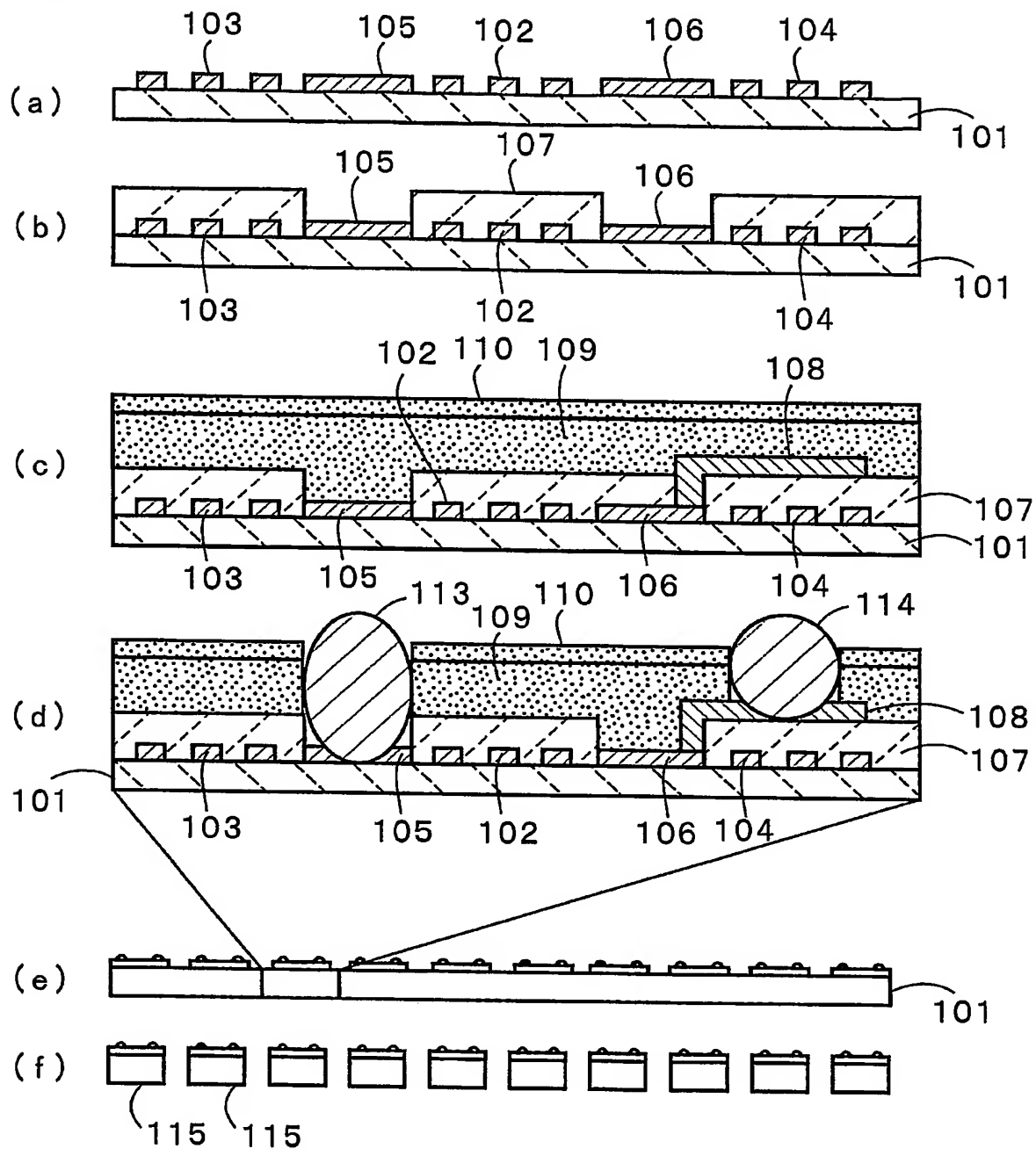
【図 26】



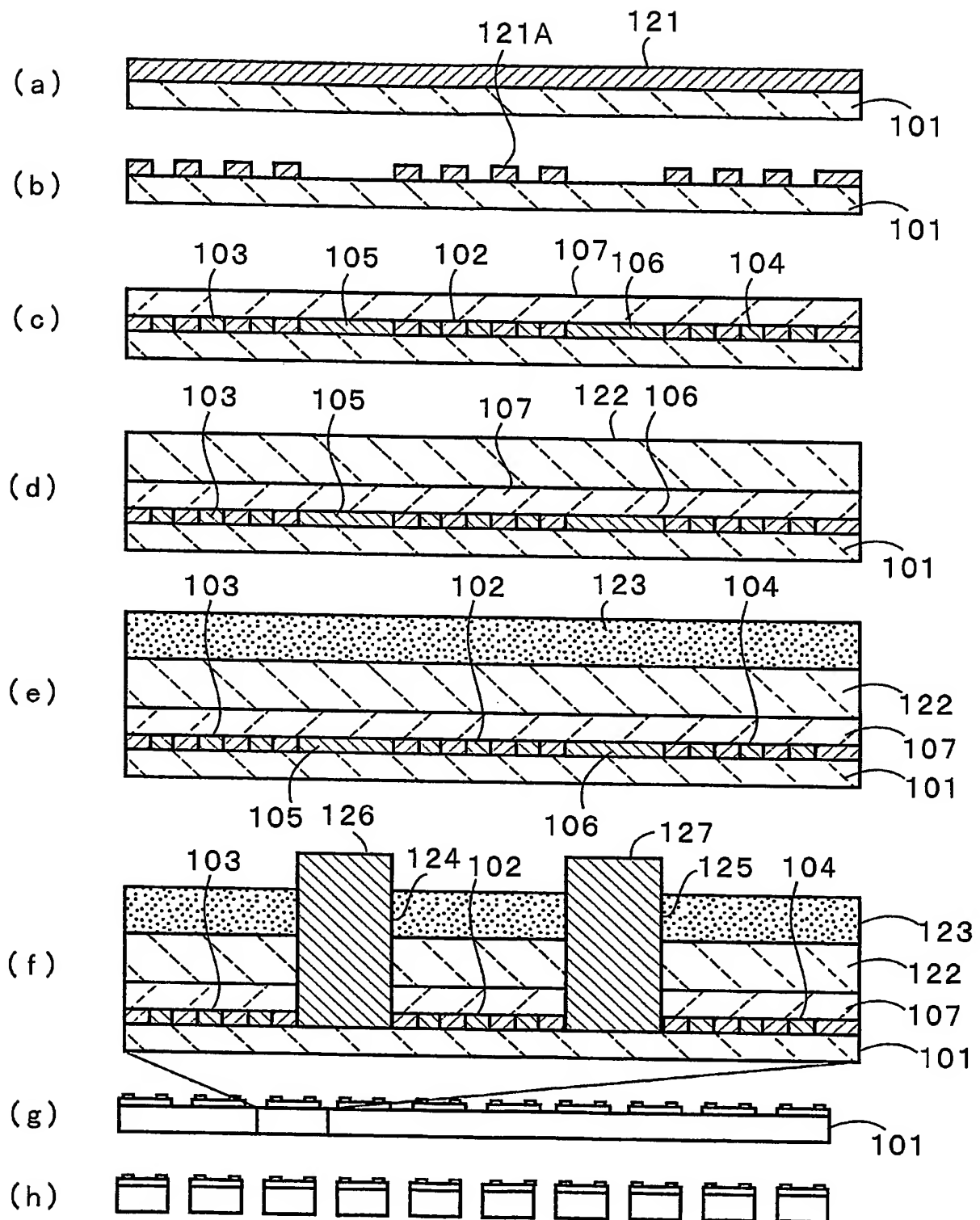
【図 27】



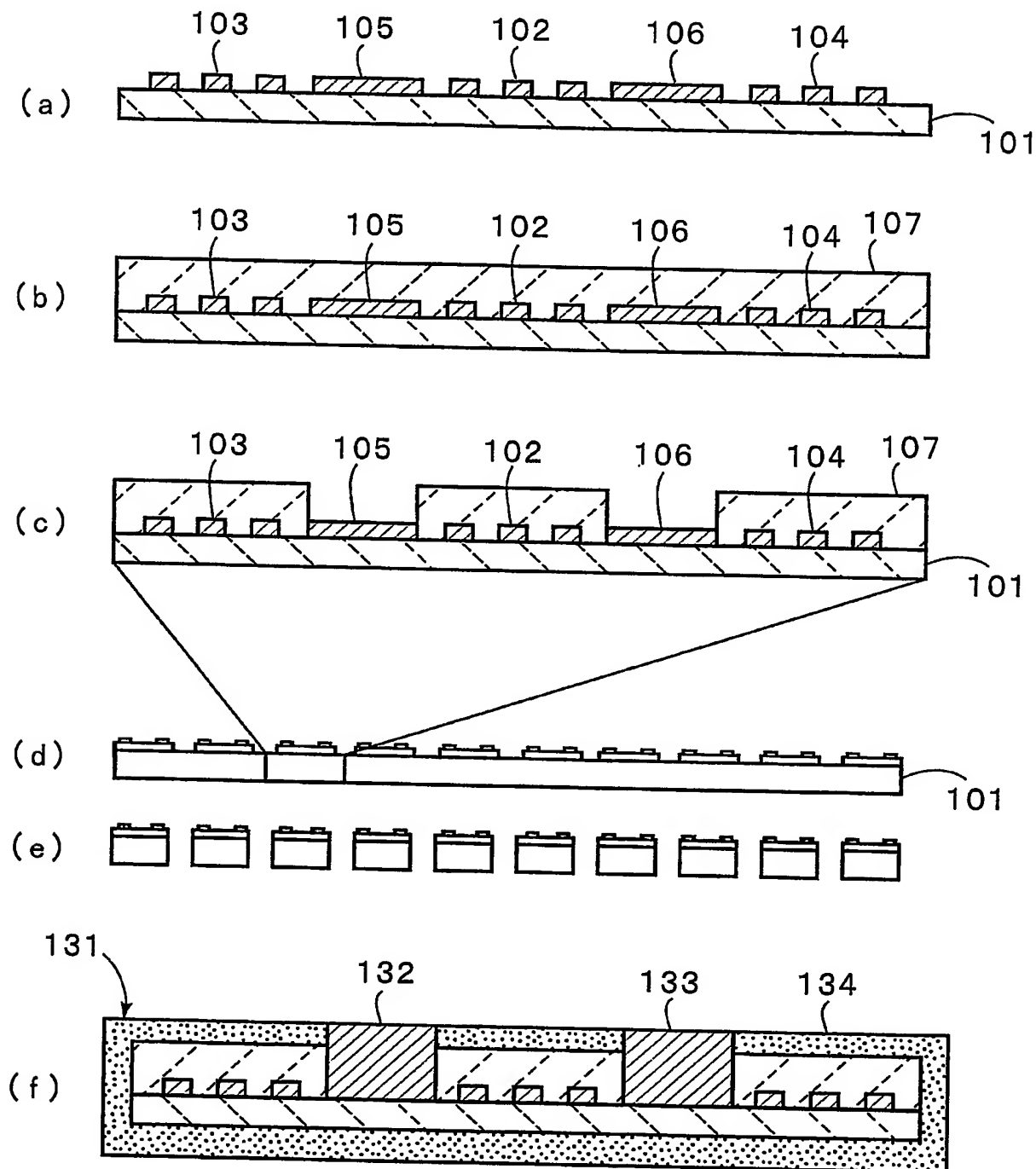
【図 28】



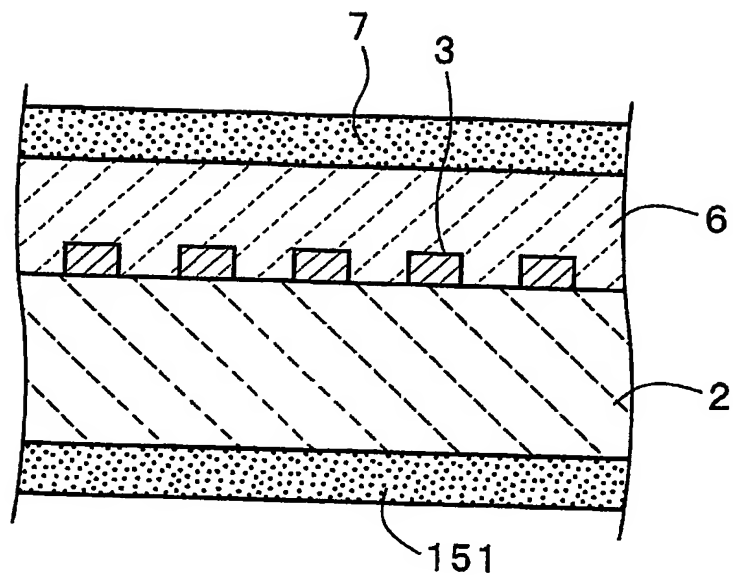
【図 29】



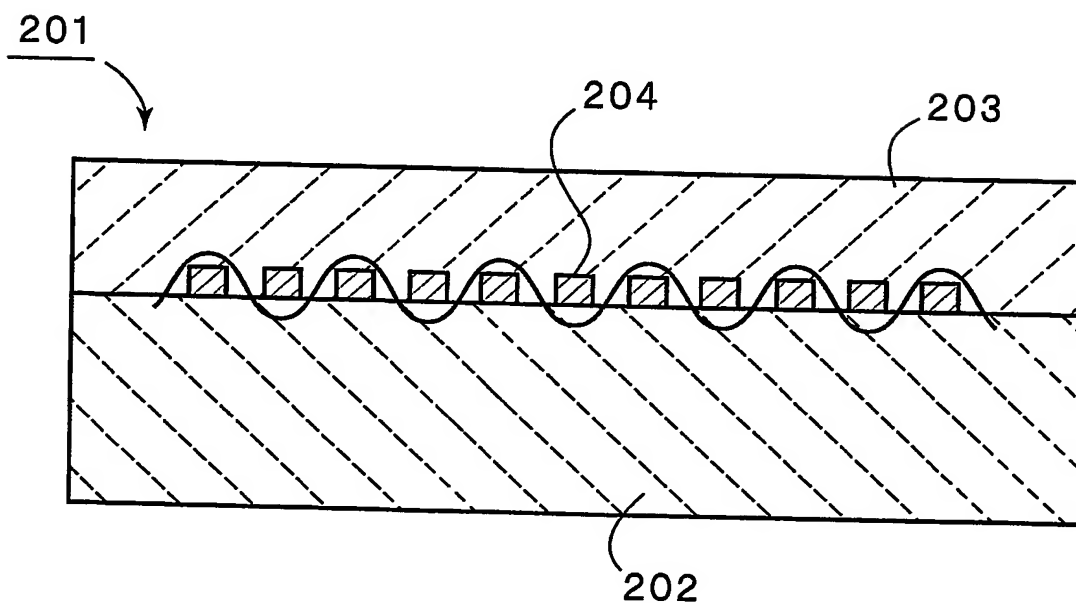
【図 30】



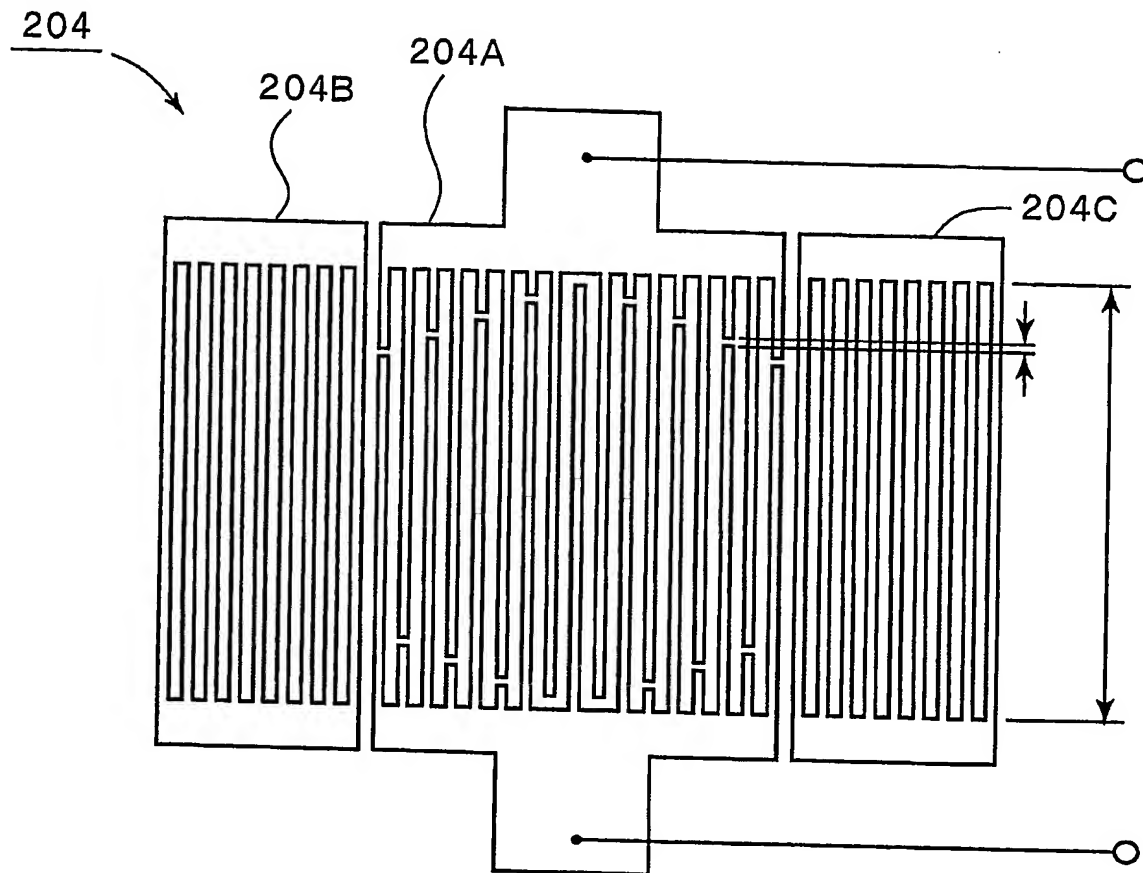
【図 3 1】



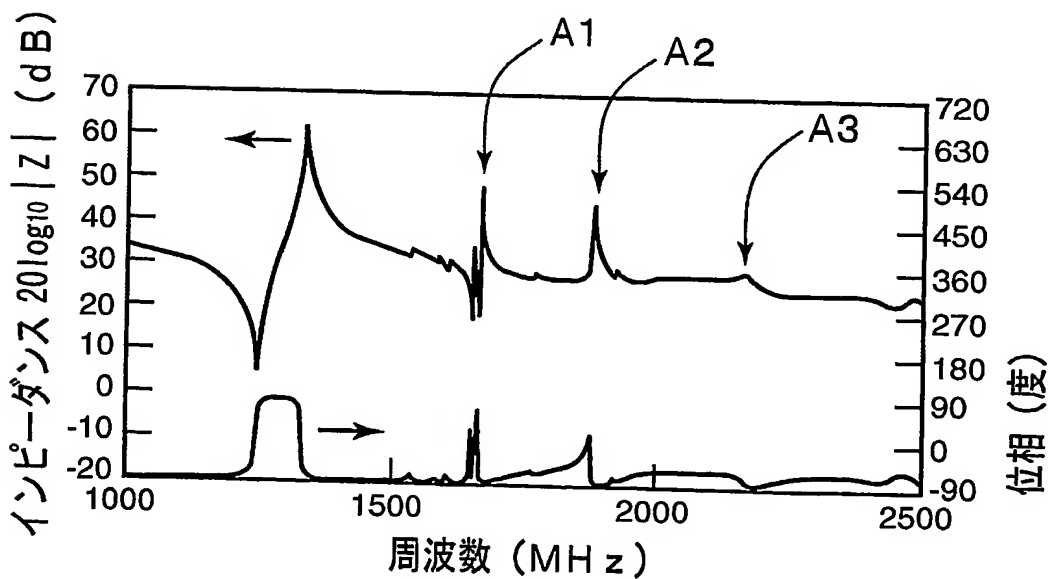
【図 3 2】



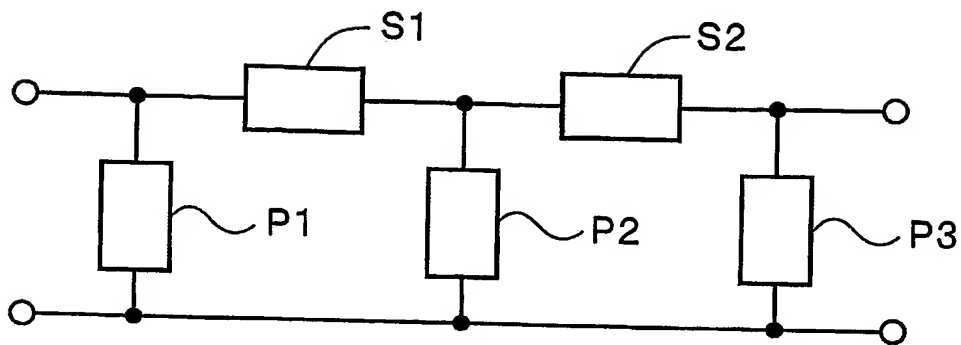
【図 3 3】



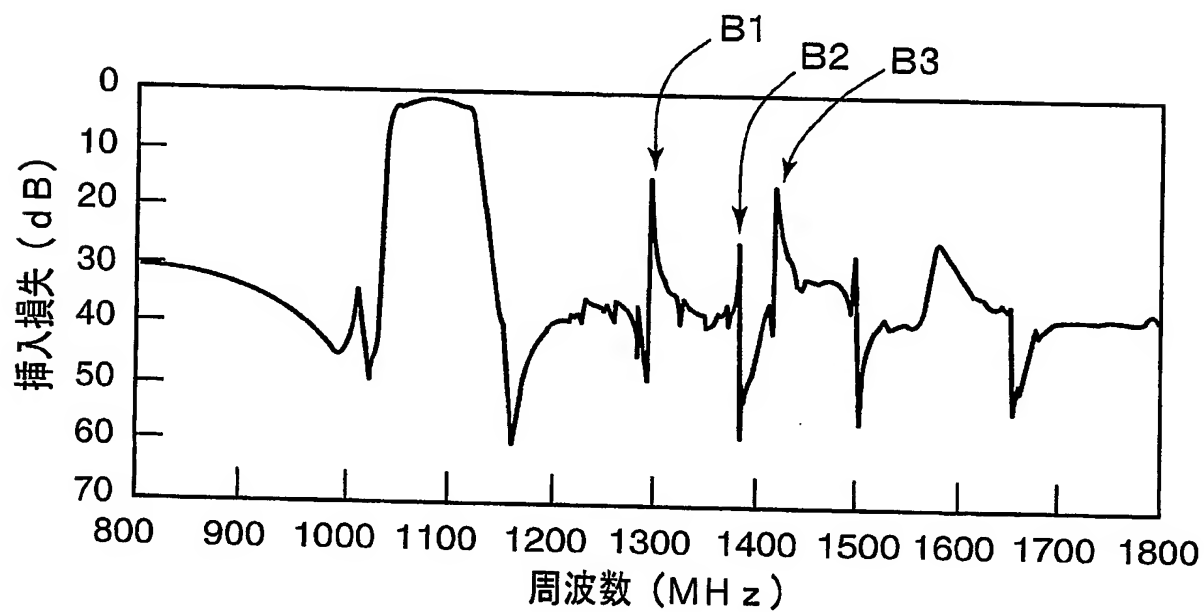
【図 3 4】



【図 3 5】



【図 3 6】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 所望でないスプリアスを効果的に抑圧することができ、良好な共振特性やフィルタ特性を得ることを可能とするSHタイプの弾性境界波を利用した弾性境界波装置を提供する。

【解決手段】 第1の媒質層2と、第1の媒質層2に積層された第2の媒質層6との境界に、インターデジタル電極3、反射器4、5を含む電極が形成されており、第1の媒質層2及び／または第2の媒質層6の境界面とは反対側の面に吸音層7が設けられている、弾性境界波装置1。

【選択図】 図1

特願 2004-010661

出願人履歴情報

識別番号

[000006231]

1. 変更年月日

1990年 8月28日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

氏 名

株式会社村田製作所

2. 変更年月日

2004年10月12日

[変更理由]

住所変更

住 所

京都府長岡京市東神足1丁目10番1号

氏 名

株式会社村田製作所

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/000037

International filing date: 05 January 2005 (05.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-010661
Filing date: 19 January 2004 (19.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 03 March 2005 (03.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.